XA
.R483

Per. 2
Vol. 53
1875

THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
PRO SCIENTIA POPULIQUE SALUTE
1891

LIBRARY

BOTANICAL GARDEN
September 1899
R. W. Gibson. Inv.

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENEVE
VENDU EN 1922

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENEVE
VENDU EN 1922

Genève. — Imprimerie Ramboz et Schuchardt.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME CINQUANTE-TROISIÈME

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL
Place de la Louve, 1

PARIS
SANDOZ et FISCHBACHER
Rue de Seine, 33

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, a Bale

1875

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE ET JARDIN BOTANIQUE DE GENEVE
VENDU EN 1922

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE

VILLE de GENÈVE

.R483
Ser.2
Vol.53
1875

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

LES

ANESTHÉSIQUES

PAR LE

Dr J.-L. PREVOST

Médecin en chef de l'Hôpital cantonal.

On appelle anesthésiques (d'α. privatif et αἰσθησις sensibilité), les substances qui suppriment la faculté d'éprouver de la douleur, amènent ainsi la résolution des membres et, par suite, l'immobilité de l'homme et des animaux qu'elles plongent dans une sorte de sommeil artificiel.

A peine connus il y a trente ans, les anesthésiques sont devenus actuellement d'un usage journalier, grâce aux services qu'ils rendent à la pratique médicale et chirurgicale. La suppression de l'élément douleur est, en effet, un point important pour le chirurgien appelé à pratiquer une opération effrayante pour le malade. Ajoutons qu'il est un certain nombre d'opérations rendues infiniment plus faciles par l'immobilisation du malade.

L'anesthésie n'est pas moins utile et importante relativement à l'expérimentation physiologique, qui trouve en elle un puissant auxiliaire en lui permettant de supprimer, dans la plupart des cas, les souffrances inutilement imposées aux animaux soumis à des mutilations plus ou moins cruelles et douloureuses.

Approuvés et désapprouvés successivement par les auteurs, les anesthésiques ont subi, comme tous les médi-

AUG 7 - 1923

caments nouveaux, des phases successives dans leur emploi. On a varié à plusieurs reprises leur mode d'administration, on a varié le choix de l'agent anesthésique. Employés avec excès par les uns et rejetés complétement par les autres, les anesthésiques, grâce à l'étude que l'on en a fait dans ces dernières années, ont pris la véritable place qu'ils devaient avoir. On a reconnu que c'était avec modération que l'on devait y avoir recours. Des accidents graves, même mortels, ont été observés; les médecins prudents savent actuellement que ce n'est qu'exceptionnellement qu'ils doivent recourir aux anesthésiques et que ce n'est pas sans précaution qu'ils doivent les administrer.

L'expérimentation physiologique, l'analyse des effets produits par les agents anesthésiques ont permis de se rendre mieux compte de la nature des phénomènes auxquels ils donnent lieu. La physiologie a ainsi rendu un grand service à cette branche des sciences médicales, c'est là un fait qui ressort des leçons que M. Cl. Bernard[1] a récemment publiées sur l'anesthésie, et auxquelles nous faisons de fréquents emprunts dans cet article.

Nous n'avons pas la prétention de faire ici un exposé complet des anesthésiques, de leur mode d'action et des discussions auxquelles ils ont donné lieu. Notre but est simplement de donner une idée générale d'une classe de médicaments relativement nouveaux et éminemment utiles, en insistant surtout sur leur mode d'action physiologique qui a été particulièrement étudié dans ces dernières années.

L'usage des anesthésiques comme méthode régulière destinée à supprimer, pendant les opérations, le phéno-

[1] *Cl. Bernard*, Leçons sur les anesthésiques. Paris 1875.

mène douleur, en plongeant les opérés dans un sommeil artificiel, est de date récente.

On citait, il est vrai, des cas dans lesquels les chirurgiens avaient profité de la torpeur produite par l'ivresse ou les narcotiques, tels que l'opium ou la mandragore, pour pratiquer sans douleur des opérations douloureuses, mais ces cas étaient exceptionnels, et loin d'être vulgarisés. On n'ignorait cependant pas que, chez les Grecs et les Romains, Dioscoride et Pline avaient mentionné une *pierre de Memphis* qui, broyée dans du vinaigre, avait la propriété de rendre insensibles les membres sur lesquels elle était appliquée. M. Littré suppose que cette pierre était une espèce de marbre qui, dégageant en présence du vinaigre de l'acide carbonique, était susceptible de produire un certain degré d'anesthésie locale.

Plus tard, Humphry Davy, en découvrant le protoxyde d'azote, en le respirant et faisant respirer à ses élèves, procurait, en même temps qu'une espèce d'ivresse qui fit donner à ce gaz le nom de gaz exhilarant, une insensibilité assez complète. Davy constata que ce gaz avait la propriété de détruire la douleur et émit l'idée qu'on pourrait peut-être l'employer avec avantage dans les opérations chirurgicales qui ne s'accompagnent pas d'une grande effusion de sang.

Mais ces tentatives d'anesthésie étaient tombées dans l'oubli et les chirurgiens se préoccupaient peu, jusqu'à il y a peu d'années, d'éviter à leurs opérés le symptôme douleur.

L'insensibilité produite par l'inhalation de l'éther et de divers gaz était cependant déjà connue en 1836. Christison avait observé l'anesthésie chez un jeune homme qui avait accidentellement respiré une grande quantité de ce

gaz. Les propriétés anesthésiques de l'éther sont formellement constatées par Orfila, Brodie, Giacomini; mais elles le sont simplement à titre d'accidents qu'il faut éviter dans l'emploi de ce gaz et nullement comme faits propres à en faire conseiller l'emploi.

Il faut arriver jusqu'en 1842 pour voir le Dr Long, médecin d'Athènes, se servir de l'éther comme procédé d'anesthésie chirurgicale et recourir à l'inhalation de ce gaz pour procurer l'insensibilité aux malades qu'il voulait opérer.

Mais ces tentatives de Long restèrent inaperçues et ne furent connues que plus tard.

La véritable découverte de l'anesthésie, par inhalation des vapeurs d'un gaz mélangé à l'air inspiré, a été faite en Amérique, en 1842. C'est dans ce pays que ce procédé fut vulgarisé et mis régulièrement en usage.

Il n'est pas rare, en science, de voir une découverte qui semblait mûrie depuis longtemps et dont les applications pratiques paraissaient devoir naître depuis bien des années, surgir comme par hasard à la suite d'un accident et s'étendre tout à coup comme un incendie. C'est un phénomène semblable qui survint relativement aux anesthésiques. Les propriétés anesthésiques de certains gaz étaient déjà connues, et cependant elles n'étaient point vulgarisées. Grâce à un accident fortuit, survenu à un homme de génie, le chimiste Jackson, qui sut en voir les conséquences, l'anesthésie fut découverte et mise à profit pour la pratique.

Le chimiste Jackson, dans une leçon qu'il faisait devant l'association charitable du Massachusetts, brisa un bocal contenant du chlore et respira une notable quantité de ce gaz irritant et toxique. Cherchant à calmer l'irritation

produite par le gaz, Jackson eut l'idée de respirer simultanément de l'éther et de l'ammoniaque. Il pensait que l'hydrogène de l'éther, se combinant avec le chlore contenu dans ses poumons, formerait de l'acide chlorhydrique qui, en présence de l'ammoniaque, donnerait naissance à du chlorhydrate d'ammoniaque dont l'action ne serait pas nuisible. Ce raisonnement, tout chimique et théorique qu'il était, eut un résultat que n'attendait pas Jackson. Non-seulement ce savant expérimentateur se trouva soulagé, mais il s'endormit d'un profond sommeil qui, heureusement pour lui et pour la science, n'eut pas de suites fâcheuses. Jackson s'était anesthésié par l'éther chlorhydrique qu'il avait inspiré. A son réveil, Jackson, c'est là ce qui caractérise son génie, comprit immédiatement tout le profit que l'on pouvait retirer de l'inhalation de ces gaz.

Il communiqua sa découverte à un dentiste de Boston, Morton, qui l'employa avec succès dans sa clientèle, et offrit bientôt à un chirurgien nommé Warren d'employer dans des opérations chirurgicales un procédé anesthésique qu'il tenait secret. La tentative eut plein succès et plusieurs opérations douloureuses furent pratiquées d'abord par Warren, puis par Bigelow, sans douleur, grâce au mélange gazeux que Morton avait fait inhaler aux malades.

Bientôt, en 1846, Jackson et Morton revendiquèrent chacun la découverte de l'anesthésie; il s'ensuivit un procès peu édifiant, mais qui eut pour effet de vulgariser l'anesthésie.

Dès lors elle se répandit en Europe. En 1847, les sociétés savantes en furent nanties, des communications furent faites à l'Académie de Paris par Velpeau, Malgai-

gne et d'autres, et l'anesthésie par l'éther était un fait acquis à la science, qui se vulgarisa avec une grande rapidité.

En même temps les physiologistes, et en particulier Flourens et Longet, étudièrent l'éther relativement à ses effets anesthésiques et ne tardèrent pas à découvrir que l'éther n'était pas le seul gaz dont l'inhalation produisait l'anesthésie. Flourens découvrit, en particulier, que le chloroforme présentait ces propriétés à un degré plus énergique que l'éther.

C'est en Angleterre que le chloroforme entra en premier lieu dans la pratique chirurgicale. C'est, en effet, à Simpson, chirurgien d'Edimbourg, que l'on doit d'avoir utilisé les expériences de Flourens et d'avoir mis en usage un procédé d'anesthésie qui devint bientôt général.

Nous ne voulons pas faire suivre ce court résumé de la découverte de l'anesthésie de toutes les discussions qui ont encore lieu de nos jours relativement à l'usage exclusif de l'éther ou du chloroforme. Chacun de ces gaz a ses adeptes; plusieurs chirurgiens, craignant les accidents plus fréquents du chloroforme, continuent à se servir de l'éther, dont l'élimination est plus rapide et qui offre peut-être moins de danger.

D'un autre côté, l'éthérisation étant plus désagréable, plus longue et plus difficile à appliquer, fait donner au chloroforme la préférence de la plupart des chirurgiens actuels.

Plusieurs autres anesthésiques ont été proposés par divers auteurs; on a mis successivement en usage, et sans grand bénéfice, la plupart des éthers, notamment les éthers chlorhydrique, azotique, acétique, chlorique, le sesquioxyde de carbone, la benzine, l'aldéhyde ou hy-

drate d'oxyde d'acétyle, le bisulfure de carbone, l'amylène, l'hydrure de benzoyle, le protoxyde d'azote, etc., etc.

Nous parlerons plus loin d'un agent nouveau, le chloral, qui présente des propriétés analogues, récemment utilisées par quelques chirurgiens; mais son mode d'administration étant très-différent, nous pensons devoir séparer sa description pour plus de clarté.

L'effet physiologique des éthers et du chloroforme est assez analogue pour pouvoir être analysé d'une façon générale.

C'est grâce à la propriété qu'a la surface interne des bronches et des vésicules pulmonaires d'absorber les liquides et les gaz qui sont mis en contact avec elle que l'on peut produire l'anesthésie. Le gaz anesthésique est introduit dans le poumon avec l'air inspiré et mélangé à cet air.

On a pendant longtemps cherché à doser exactement la quantité de gaz inhalé; on se servait de machines compliquées pour n'introduire dans le poumon qu'une quantité donnée de gaz. Plusieurs chirurgiens, qui pensent qu'une absorption trop rapide de chloroforme est dangereuse, emploient des réservoirs dans lesquels on peut faire un mélange déterminé de chloroforme et d'air. Cette pratique est encore en usage dans certains hôpitaux anglais, mais généralement on se contente d'imbiber une éponge placée dans un cornet de papier ou de linge, ou dans un entonnoir, et de l'appliquer devant le nez du malade. On peut facilement, en écartant de temps en temps la compresse, laisser respirer de l'air et opérer plus facilement le mélange en excluant de l'arsenal chirurgical une machine assez volumineuse et inutile.

Quel que soit le procédé employé pour l'inhalation, le

gaz pénètre dans les voies respiratoires et est absorbé en même temps que l'oxygène par les vésicules pulmonaires, pénètre dans le sang artériel, qui le tient en dissolution, et va se mettre en rapport avec les divers éléments anatomiques qu'arrose le sang. Comme nous le verrons dans quelques instants, en nous occupant du mode d'action des anesthésiques, l'éther et le chloroforme agissent en modifiant d'une façon spéciale les centres nerveux : Il faut que ces centres soient atteints par l'agent anesthésique, qui y est transporté par le sang, pour que l'anesthésie générale soit produite. C'est là une circonstance qui explique le fait que l'on peut endormir les animaux à sang froid en plongeant simplement leur peau dans un mélange d'eau et de chloroforme, ou en introduisant cet agent sous la peau, tandis que chez les animaux supérieurs il faut que ces agents soient introduits par voie pulmonaire.

Quand on introduit, en effet, le chloroforme ou l'éther sous la peau d'un animal à sang chaud, le gaz absorbé par les veines est transporté au ventricule droit, projeté dans le poumon, et là, grâce à la haute température à laquelle il se trouve porté, et grâce à sa volatilité il est éliminé par l'expiration en même temps que l'acide carbonique. Le gaz est éliminé en trop forte proportion pour qu'il en reste une quantité suffisante dans le sang projeté dans les centres nerveux pour produire l'anesthésie. Le gaz, pénétrant au contraire dans les poumons, sature le sang ramené par les veines pulmonaires, il arrive saturé au ventricule gauche d'où il sera projeté sur les organes nerveux.

Chez les animaux à sang froid, au contraire, la température du sang pulmonaire n'est pas assez élevée pour

que l'anesthésique s'élimine par l'expiration en proportion notable. Aussi, le sang qui se rend à l'organe nerveux central est-il assez saturé pour pouvoir agir comme anesthésique.

On connaît, d'ailleurs, le rôle important que la peau joue chez les grenouilles et d'autres animaux à sang froid, relativement à l'oxygénation du sang. La respiration pulmonaire constitue, en effet, chez ces animaux, une respiration que peut suppléer la respiration cutanée, car on peut conserver longtemps vivantes des grenouilles dont on a extirpé les poumons. La peau des grenouilles, pouvant suffire à l'absorption de l'oxygène nécessaire à la vie, elle suffira aussi pour saturer le sang de chloroforme ou d'éther et produire l'anesthésie. Les grenouilles peuvent être endormies en étant immergées dans de l'eau contenant $^1/_{100}$ ou $^1/_{200}$ de chloroforme, qui se dissout en partie dans cette eau. C'est là une propriété précieuse pour le physiologiste en lui permettant d'analyser le mode d'action des anesthésiques, mieux qu'il n'eût pu le faire chez les animaux à sang chaud.

L'élimination pulmonaire de gaz volatiles est, comme le fait remarquer M. Cl. Bernard, une circonstance qui explique l'innocuité que présentent certains gaz toxiques absorbés par la voie hypodermique ou cutanée. C'est ainsi que l'acide sulfhydrique, poison violent quand il existe en certaine quantité dans l'atmosphère, peut, jusqu'à un certain point, être impunément introduit dans les veines, parce qu'il s'échappe presque tout entier par exhalation pulmonaire (Bernard). L'acide carbonique se trouve dans le même cas. C'est cette élimination pulmonaire qui est utilisée en médecine quand on administre des eaux sulfureuses par voie digestive.

Quand l'animal ou l'homme soumis à l'anesthésie a respiré pendant un certain temps de l'air mélangé à des vapeurs anesthésiques, il ne tarde pas à tomber dans un profond sommeil, pendant lequel il devient tout à fait insensible.

Les phénomènes de l'anesthésie sont divisés généralement en trois périodes : une première période d'*excitation*, une seconde période de *sommeil*, une troisième période de *réveil*.

La première période d'excitation, assez analogue à l'excitation produite par une ivresse légère, est caractérisée par une agitation plus ou moins grande pendant laquelle l'homme soumis à l'anesthésie cherche a écarter le mouchoir placé devant ses narines, se défend, profère des paroles souvent incohérentes, est pris de rêves, et offre des contractions musculaires souvent violentes. Cette période d'agitation est aussi manifeste chez les animaux. M. Bert, qui a fait de l'anesthésie une étude soignée, est tenté d'attribuer en grande partie la période d'agitation à l'excitation désagréable que les anesthésiques provoquent en irritant les muqueuses nasales, buccales et oculaires.

D'après M. Bert, en faisant respirer les vapeurs anesthésiques par une canule préalablement fixée dans la trachée, et en évitant ainsi leur contact avec les muqueuses de la partie supérieure des voix aériennes, on évite la première période d'excitation. Nous avons pu souvent vérifier l'exactitude de cette assertion ; la période d'excitation est alors considérablement diminuée, mais elle existe cependant à un moindre degré. Inutile de dire que ce procédé, praticable en physiologie, ne peut être mis en usage chez l'homme, la trachéotomie constituant une

opération grave, à laquelle on ne peut soumettre un malade.

A la période d'excitation ou première période, se prolongeant plus ou moins longtemps, succède la période de sommeil ou de résolution; toute excitation cesse alors et l'animal ou l'homme anesthésié tombe dans une insensibilité et une résolution complète des membres, présentant l'aspect d'un profond sommeil. Pendant ce temps la respiration devient profonde et souvent s'accompagne de ronflement. Cette période de résolution complète est la période utile par excellence; c'est celle dont l'opérateur doit profiter, soit relativement à l'insensibilité qui l'accompagne, soit relativement à la résolution générale des membres. Cette résolution est en effet un phénomène précieux quand il s'agit de vaincre une résistance musculaire, par exemple dans la réduction d'une luxation. Bon nombre de luxations, qui ne pouvaient être réduites que par des tractions souvent dangereuses et à grands efforts de moufles, sont réduites avec la plus grande facilité par un seul chirurgien quand le malade est anesthésié.

Dans l'anesthésie simple, telle qu'elle est habituellement pratiquée, la période de sommeil est généralement courte et bientôt le malade exécute quelques mouvements, manifeste quelques signes de sensibilité et tend à passer dans la période de réveil. On peut alors, par de nouvelles doses de chloroforme ou d'autres anesthésiques, reproduire la seconde période et prolonger ce sommeil bienfaisant pendant plusieurs heures.

Rien ne paraît plus simple qu'une pareille pratique, rien de plus attrayant pour un malade qui veut éviter la souffrance. Mais l'anesthésie n'est pas toujours aussi sim-

ple; elle peut être compliquée d'accidents. Quelquefois, au moment où l'opérateur s'y attend le moins, la respiration se suspend ou le cœur s'arrête, et l'anesthésié passe subitement de la vie au trépas, sans qu'il soit possible de le ramener à la vie. Dans d'autres cas, heureusement nombreux, l'arrêt de la respiration ou du cœur n'est que momentané, et des excitations de la peau, la respiration artificielle, l'excitation de mouvements réflexes peuvent provoquer de nouvelles respirations ou rétablir la circulation momentanément suspendue.

Les accidents de l'anesthésie sont, à juste titre, la terreur de ceux qui sont appelés à administrer ces agents.

Les accidents produits par les anesthésiques ont beaucoup préoccupé les opérateurs et les physiologistes; on a étudié avec grand soin la nature des accidents qui peuvent se produire pendant l'anesthésie, afin de chercher à en éviter les dangers.

On peut dire, en résumé, que la mort par le chloroforme survient tantôt par syncope ou arrêt du cœur, tantôt par asphyxie ou modification du centre nerveux présidant à la respiration.

Il n'est pas rare, en effet, comme l'a fait remarquer M. Cl. Bernard, que le cœur suspende subitement ses battements pendant l'anesthésie sans qu'il soit possible de provoquer de nouveaux battements de cet organe. Cette paralysie du cœur survient quelquefois dès le début de la chloroformisation au bout de quelques inhalations. Nous n'avons heureusement jamais eu le malheur de l'observer chez l'homme; mais deux fois, dans des expériences que nous faisions, avec notre regretté confrère, le Dr Waller, sur des chats chloroformés, nous avons perdu l'animal à la suite de cet accident. L'ouver-

ture immédiate du thorax nous a montré un cœur dont les quatre cavités étaient distendues par le sang, et il nous a été impossible de provoquer des battements; les excitations mécaniques ou électriques[1] sont restées sans influence; le cœur est demeuré inerte et paralysé. Des exemples aussi manifestes de paralysie que ceux que nous signalons ici ont été observés par M. Bernard et par d'autres, et témoignent de la possibilité d'une paralysie du cœur. Il est probable qu'il s'agit, dans ce cas, d'une paralysie des ganglions intracardiaques, présidant aux contractions de cet organe.

La possibilité de la mort par syncope est un fait qui fait rejeter par la plupart des opérateurs l'administration du chloroforme chez les gens atteints de maladie de l'organe central de la circulation : c'est pour cela que l'on agit prudemment en anesthésiant autant que possible dans la position horizontale, qui rend une syncope moins facile à se produire.

La mort par arrêt de la respiration et par asphyxie est généralement plus facile à prévoir et à éviter que celle par syncope. Il n'est pas rare qu'un certain degré d'asphyxie puisse provenir d'une mauvaise position donnée à l'opéré ou de ce que la base de la langue, venant à couvrir la glotte, gêne la respiration. Il suffit alors de quelques précautions de détail, telles que la traction de la langue en dehors de la bouche, pour éviter l'accident.

[1] Nous devons signaler, à ce propos, les intéressantes et récentes recherches de M. Vulpian, relativement à l'application de courants induits sur le cœur. Ces courants ont eu pour effet d'arrêter le cœur. L'excitation électrique et l'acupuncture deviendraient donc inutiles et même nuisibles dans le cas d'arrêt du cœur (Vulpian, Note sur les effets de la faradisation directe des ventricules du cœur chez les chiens. Arch. de Physiologie, 1874, p. 975).

Mais l'arrêt de la respiration et la mort par asphyxie peut être le simple résultat de l'anesthésie poussée trop loin; les centres nerveux respiratoires (moelle allongée) résistent plus longtemps aux influences anesthésiques et permettent à l'animal de respirer encore d'une façon régulière quand la vie de relation des autres parties des centres nerveux est anéantie; mais que l'anesthésie aille plus loin, les fonctions de la moelle sont suspendues à leur tour, la respiration cesse et la vie s'éteint chez les animaux à sang chaud, dont le sang ne peut être oxygéné si la respiration pulmonaire est suspendue. C'est là probablement le mécanisme habituel de la mort par asphyxie ou par paralysie des centres nerveux respiratoires pendant la chloroformisation.

Il faut cependant rapprocher de l'asphyxie produite par une paralysie des centres respiratoires, due à l'anesthésie, l'asphyxie qui serait le résultat d'une accumulation d'acide carbonique dans le sang.

Un certain nombre d'auteurs ont voulu, en effet, confondre l'anesthésie avec l'asphyxie et en faire un seul et même phénomène. L'insensibilité des centres nerveux peut être produite par l'accumulation d'acide carbonique dans le sang, qui joue à cet égard le rôle d'un véritable anesthésique, c'est là une chose manifeste; mais l'introduction du chloroforme ou de l'éther n'a pas pour résultat l'asphyxie; c'est un gaz spécial et non de l'acide carbonique qui est alors en jeu pour amener l'insensibilité et la paralysie des centres nerveux. Cependant l'introduction de l'acide carbonique peut être une complication dans l'anesthésie mal dirigée : c'est ainsi que l'homme ou l'animal auquel on fait respirer dans un cornet formé de substance imperméable une éponge imbibée de chlo-

roforme, respire en même temps de l'air vicié par son expiration et introduit infailliblement de l'acide carbonique dans son sang. C'est là la cause probable de certains accidents observés dans plusieurs cas d'anesthésie. Mais comme l'a démontré M. Cl. Bernard, *anesthésie* et *asphyxie* sont deux phénomènes différents l'un de l'autre.

M. le professeur Bert[1] insiste aussi sur ce point, dans ses leçons sur la respiration. Voici ce qu'il dit à ce sujet (p. 138).

« Quand survient la période dite de calme ou de ré-
» solution, le sang artériel redevient rutilant. On peut
» même remarquer qu'il devient plus rouge que dans
» l'état normal; la teinte du sang veineux lui-même ap-
» paraît manifestement plus claire et plus rosée. Que si
» maintenant on augmente peu à peu la proportion de
» chloroforme contenue dans l'air, on arrive à tuer pro-
» gressivement l'animal; le sang artériel devient alors,
» comme dans l'asphyxie ordinaire, complétement noir.

» J'ai fait l'analyse du sang retiré de l'artère pendant
» la période de calme complet due au chloroforme ; je l'ai
» faite comparativement avec celle du sang pris avant
» l'expérience. Or, les chiffres obtenus sont des plus
» concluants.

» En effet, dans un cas, avant l'anesthésie, le sang
» m'a donné, pour 100^{cc}, 07,3^{cc} d'oxygène, et pen-
» dant la période de calme, 12,4^{cc}. Dans un autre, les
» chiffres ont varié de 15,1^{cc} à 18^{cc}.

» Ainsi, pendant que se manifeste, bien pure, bien
» isolée de toute complication, l'action anesthésique, le
» sang est plus riche en oxygène qu'il ne l'était aupa-

[1] *Bert*, Leçons sur la Physiologie comparée de la Respiration. Paris, 1870.

» ravant. Ceci ne permettra plus, je pense, de repro-
» duire cette assimilation étrange faite de l'anesthésie
» avec l'asphyxie.

» ..... Je crois qu'il faut attribuer cette augmenta-
» tion d'oxygène à la résolution complète du système
» musculaire, résolution dont M. Cl. Bernard nous a
» déjà montré les effets importants. »

L'asphyxie par l'acide carbonique, produite par des mécanismes variés, est capable d'amener l'insensibilité générale et la paralysie des centres nerveux; mais c'est là un phénomène différent de l'anesthésie, comme les observations de M. Bert et de M. Cl. Bernard l'indiquent clairement.

Nous ne parlons, bien entendu, pas ici de l'asphyxie produite par l'oxyde de carbone, gaz qui entre en forte proportion dans la vapeur de charbon. Il est bien démontré, en effet, que le gaz oxyde de carbone produit une action toute spéciale sur les globules du sang; il forme, comme l'a démontré M. Bernard, une combinaison avec l'hémoglobine nommée hémoglobine oxycarbonée. L'énergie de cette combinaison empêche dès lors l'oxygénation de l'hémoglobine et amène la mort par un mécanisme différent de celui de l'acide carbonique. Les réactions spectroscopiques intéressantes du sang oxycarboné ont été bien étudiées par M. Fumouze et analysées dans ces archives[1].

L'asphyxie peut, comme nous l'avons dit tout à l'heure, être une complication de l'anesthésie, elle peut l'aggraver; en sorte que plusieurs auteurs ont cherché à découvrir

[1] Voyez *Fumouze*, Les Spectres d'absorption du Sang. Thèse de Paris, 1871.
Archives, t. XLVI, p. 333, année 1873.

des symptômes qui puissent révéler cette complication et mettre en garde contre elle.

C'est en particulier à cet ordre de faits qu'appartient l'observation de la pupille pendant l'anesthésie. L'étude des modifications que subit la pupille pendant l'anesthésie a été le sujet d'un récent travail de MM. Budin et Coyne[1], qui pensent trouver dans la pupille un signe caractéristique de l'anesthésie complète, et un caractère distinctif entre l'anesthésie et l'asphyxie.

Les auteurs ne sont pas tous d'accord sur la modification produite sur la pupille pendant l'anesthésie. Pour M. Gubler, la pupille est dilatée, ce qui, pour cet auteur, serait une distinction établie entre le sommeil anesthésique et le sommeil naturel dans lequel la pupille est contractée. Pour M. Perrin, la pupille, pendant la période d'excitation, présente un certain nombre de variations; « mais sitôt que l'anesthésie est obtenue, l'iris se contracte et reste contracté pendant toute la durée de cette période. Ce n'est, ajoute-t-il, qu'à une époque très-avancée de l'éthérisme que la pupille se dilate largement et reste immobile. »

Pour MM. Budin et Coyne, l'observation de la pupille pendant l'anesthésie aurait une grande importance. Pour eux, en effet, comme pour M. Perrin, la pupille dilatée

[1] *P. Budin*, De l'état de la pupille pendant l'anesthésie chirurgicale produite par le chloroforme; indications pratiques qui peuvent en résulter (Le *Progrès médical*, 5 sept. 1874).

P. Budin et *P. Coyne*, Recherches cliniques et expérimentales sur l'état de la pupille pendant l'anesthésie chirurgicale produite par le chloroforme (*Arch. de Physiologie*, 1875, p. 61).

Perrin et *Lallemand*, Traité d'anesthésie chirurgicale, 1865.

Perrin, article *Anesthésiques*, Dict. encyc. des Sc. médicales, 1866.

Gubler, Commentaires thérapeutiques du Codex, p. 873, 1874.

et excitable pendant la période d'excitation, se rétrécit progressivement à mesure que l'on approche de la période de résolution et d'anesthésie complète. Pendant cette période, la pupille reste contractée et complétement immobile aux excitations réflexes.

Aussitôt que l'on voit survenir une dilatation nouvelle de la pupille, sous l'influence réflexe de la douleur, on peut être sûr que le réveil est proche.

MM. Budin et Coyne vont plus loin : ils cherchent à démontrer, au moyen d'observations cliniques et d'expériences faites sur les animaux dans le laboratoire de M. le professeur Vulpian, que dans l'asphyxie la pupille est au contraire dilatée. Aussi, pour eux, une dilatation permanente de la pupille dans la période de résolution anesthésique, serait l'indice d'un certain degré d'asphyxie produite par l'introduction d'une certaine proportion d'acide carbonique dans le sang. L'observation de la pupille et de ses variations constituerait, pour ces auteurs et pour d'autres, un point important relativement aux complications d'asphyxie qu'elle pourrait faire prévoir d'avance.

Dans un récent article [1] M. Schiff rend compte d'expériences relatives à l'action que les excitations de la sensibilité des diverses parties du corps ont sur la dilatation pupillaire.

La dilatation réflexe de la pupille sous l'influence de la douleur a déjà été étudiée par divers auteurs.

M. Schiff pense que la dilatation réflexe de la pupille est un phénomène physiologique assez sensible pour révéler, pendant l'immobilisation par le curare, les moindres impressions sensitives. Ces expériences faites avec le con-

[1] *Schiff*, La pupille considérée comme esthésiomètre. Trad. de l'italien par R. Guichard de Choisity. Paris, J.-B. Baillère, 1875.

cours de M. le Dr Foa s'accordent à faire de la pupille un véritable *esthésiomètre*. M. Schiff, à ce propos, reproche à M. Ludwig[1] et à ses élèves, MM. Dittmar et Miescher, d'avoir employé comme esthésiomètre la pression artérielle. Ce moyen, pour M. Schiff, ne révélerait point les sensations perçues par le cerveau, il serait le simple résultat d'une action réflexe se passant dans la moelle et les centres qui président à la contraction des petits vaisseaux, elle ne pourrait, pour M. Schiff, servir comme esthésiomètre.

En étudiant la pupille comme esthésiomètre, M. Schiff arrive à des résultats contradictoires avec ceux de MM. Budin et Coyne dont il combat les résultats.

MM. Schiff et Foa cherchent à démontrer que la pupille est souvent dilatée dans l'anesthésie non compliquée d'asphyxie.

Pour M. Schiff, la contraction énergique à la pupille ne se montre pas dans chaque chloroformisation comme l'assurent MM. Budin et Coyne, il pense qu'il est dangereux, chez l'homme, d'attendre la période où se manifeste habituellement la contraction pupillaire. L'insensibilité existe déjà avant et en attendant la contraction pupillaire on assiste au début d'une paralysie vasculaire, phénomène essentiellement dangereux qui expose le malade à une syncope.

M. Schiff rappelle que Simpson, Thiernesse, Jüngken, Dogiel ont observé pendant la chloroformisation la dilatation pupillaire. M. Schiff ajoute que la chloralisation, dont nous parlerons plus loin, que l'on assimile souvent à la chloroformisation, est un phénomène différent. En

[1] Voyez mon analyse, Archives, t. XLII, p. 319.

effet, pour lui, la pupille, exceptionnellement contractée pendant la chloroformisation, l'est toujours énergiquement pendant la chloralisation.

Les phénomènes observés du côté de la pupille sont, on le voit, encore le sujet de discussions et d'incertitudes, et demandent de nouvelles recherches.

Cependant les dernières observations de MM. Budin et Coyne paraissent assez confirmatives et répondent à une objection à eux adressée par M. Schiff. Nous rapporterons textuellement ce qu'ils disent à ce propos :

« M. Schiff, ayant injecté une solution de chloral dans « une veine, a obtenu l'anesthésie absolue, ainsi que la « contraction très-marquée des pupilles. En donnant du « chloroforme à l'aide d'un sac, il a vu la pupille se di- « later progressivement, en enlevant ce sac la pupille re- « venait sur elle-même pour se dilater de nouveau lors- « qu'on injectait le chloroforme de la même manière. « Nous avons répété l'expérience de M. Schiff en la va- « riant de la façon suivante : Sur des chiens nous avons « produit l'anesthésie absolue en injectant 1 ou 2 gram- « mes de chloral dans les veines. De la sorte, l'anesthésie « totale ne devait durer plus de 8, 10, 15 minutes au « plus. Nous avons alors administré le chloroforme à l'air « libre, et nous avons maintenu l'animal dans le même « état d'anesthésie totale pendant une heure. La pupille « au lieu de se dilater est au contraire constamment de- « meurée contractée.

« Après avoir répété plusieurs fois cette expérience « avec le même succès, nous avons fait la suivante : Après « lui avoir pratiqué la trachéotomie, nous avons placé « dans la trachée d'un chien une canule ouverte, munie « d'un robinet. Nous lui avons ensuite injecté, en plusieurs

« fois, 3 grammes de chloral. Ayant obtenu l'anesthésie « absolue, avec atrésie très-considérable des pupilles qui « étaient ponctiformes, nous avons, à l'aide du robinet « fermé à moitié d'abord, puis complétement, la canule « qui laissait passer l'air. Au fur et à mesure que l'as- « phyxie s'avançait nous avons vu la pupille se dilater « progressivement et largement. En ouvrant le robinet « et en laissant de nouveau pénétrer l'air, la pupille re- « vint totalement sur elle-même. Nous avions donc, *sans* « *chloroforme,* en déterminant l'*asphyxie simple,* obtenu « exactement les mêmes résultats que M. Schiff. Cette « expérience nous l'avons répétée à trois reprises en pré- « sence de MM. Vulpian, Carville, etc. »

Ces derniers résultats paraissent assez confirmatifs des opinions émises par MM. Budin et Coyne, l'observation de la dilatation et de la contraction de la pupille pendant la chloroformisation deviendrait un point d'observation important pendant l'anesthésie et serait capable de prévenir des accidents asphyxiques souvent dangereux. De nouvelles expériences et observations viendront probablement confirmer un fait qui semble encore douteux pour quelques observateurs.

Si le chloroforme et l'éther agissent d'une façon spéciale sur les centres nerveux, pour amener l'insensibilité et la résolution, il ne semble pas en être de même de tous les gaz utilisés comme anesthésiques. C'est en particulier le cas pour le protoxyde d'azote. Il semble, en effet, résulter des expériences de MM. Jolyet et Blanche[1] que l'anesthésie par le protoxyde d'azote serait due, non pas à une propriété spéciale de ce gaz, mais bien à l'asphyxie

[1] Voyez à ce sujet mon analyse. *Jolyet* et *Blanche*, Nouvelles recherches sur le protoxyde d'azote. Archives, L, p. 318.

qui accompagne toute absence d'oxygénation du sang. On pourrait, en un mot, obtenir le même résultat en étranglant pendant quelque temps le patient. C'est dire que ce gaz n'est pas aussi innocent que les dentistes qui le préconisent veulent bien le dire. Des accidents signalés en Amérique et ailleurs doivent éveiller l'attention et engager à ne pas abuser d'un procédé anesthésique qui est loin d'être sans danger.

M. Magitot a, en particulier, relevé dans un article récent un certain nombre d'observations d'accidents produits par le protoxyde d'azote.

Théorie de l'anesthésie.

Plusieurs auteurs ont cherché à se rendre compte du mode d'action des agents anesthésiques, en étudiant leurs diverses propriétés physiologiques. Les travaux de M. Cl. Bernard ont tout particulièrement éclairé ce point important.

Quand on analyse la manière dont sont disposés les organes destinés à percevoir les impressions de sensibilité, on voit, qu'en résumé, ils sont composés de trois parties distinctes. Des centres de perception, représentés par les cellules centrales (cerveau et moelle épinière) des organes de transmission (fibres nerveuses), enfin, des organes de terminaison ou extrémités nerveuses, placées à la périphérie et constituant un point important des organes de sensibilité.

Or, un agent anesthésique peut agir ou en détruisant l'aptitude de l'organe périphérique, ou en interrompant la transmission des impressions, comme le ferait une section du nerf. L'agent anesthésique peut enfin avoir

une action spéciale sur le centre nerveux, paralyser en quelque sorte pour un temps plus ou moins long les cellules du centre nerveux.

Pour décider cette question M. Bernard s'y prend de la façon suivante :

Il observe que des grenouilles dont on immerge une patte ou un point quelconque de la peau dans de l'eau chloroformée au $^1/_{200}$ ne tardent pas à être anesthésiées. Le chloroforme absorbé dans ce cas par la peau est transporté par le sang aux divers éléments anatomiques de la grenouille et peut les atteindre.

Le même résultat est obtenu si le chloroforme est introduit sous la peau de l'animal.

M. Bernard prépare alors des grenouilles comme il le fait pour l'étude analytique du curare et d'autres poisons: il applique une ligature sur l'aorte abdominale, ou mieux encore il fait une ligature en masse sur l'animal en ne ménageant que les nerfs ischiatiques. La grenouille peut supporter très-bien cette mutilation et est divisée en deux parties : un tronçon supérieur que nous appellerons céphalique dans lequel la circulation est intacte, un tronçon inférieur dans lequel ne pénètre pas le sang. Soumettant alors les grenouilles ainsi préparées au chloroforme, M. Bernard montre que si le tronçon céphalique reçoit le chloroforme, l'anesthésie se produit dans tout l'animal, tandis que si les membres inférieurs sont seuls mis en contact avec l'agent anesthésique, ces membres eux-mêmes ne sont pas anesthésiés, ne sont pas rendus insensibles.

Il faut donc que l'anesthésique, que le chloroforme atteigne les centres nerveux (cerveau et moelle) et soit transporté dans ces organes par l'intermédiaire du sang pour que l'anesthésie se produise.

C'est sur le centre nerveux que le chloroforme produit son action spéciale. Son action est de suspendre la faculté de perception de ces centres nerveux pour la sensibilité. A un stade plus avancé, l'action va plus loin et atteint aussi les centres excitomoteurs produisant l'immobilité et la résolution complète observée dans la seconde période de l'anesthésie.

Mais, chose curieuse, l'anesthésique qui agit sur le centre et qui empêche la perception de l'impression sensitive, qui empêche le nerf sensitif de transmettre une impression douloureuse qu'il a éprouvée à sa périphérie, ne débute pas par le centre. Les nerfs perdent leur sensibilité de la périphérie au centre.

L'insensibilité naît à l'extrémité, pour remonter vers le centre, quoique, cependant, l'action ait été produite sur le centre. C'est là une propriété physiologique que cherche à démontrer M. Cl. Bernard.

« En résumé, nous dit-il (p. 13), le nerf sensitif ne « peut subir l'action anesthésique qu'à sa naissance dans « la moelle, et malgré cela, nous verrons que l'insen- « sibilité commence par l'extrémité périphérique, réfrac- « taire à l'action du chloroforme, pour se propager en « remontant le nerf jusqu'à l'extrémité médullaire, « qui a seule subi l'action immédiate du chloro- « forme. »

On ne peut donc produire l'anesthésie générale en s'adressant aux parties constituant le système nerveux périphérique. Nous parlerons plus loin de l'anesthésie locale dont le mécanisme est différent et qui s'adresse au système nerveux périphérique.

M. Cl. Bernard va plus loin, il pense que les anesthésiques s'adressant au cerveau, et en paralysant son action,

peuvent influencer indirectement la moelle épinière, et la paralyser à son tour par une influence à distance.

J'ai lieu de croire que, sur ce point, le savant physiologiste a été induit en erreur par un phénomène de filtration ou d'absorption qui peut se produire chez les grenouilles avec la plus grande facilité, même après l'interruption de la circulation sanguine. Les travaux de M. Goltz, que j'ai analysés (Archives, XLIII, p. 107), me semblent justifier cette manière de voir.

Dans des expériences dont je présentai le résumé à la société de Physique et d'Histoire naturelle, en l'année 1871, et que je publiai ensuite dans un journal anglais (The Practitionner. July, 1871), je cherchai à démontrer que le chloroforme n'anesthésie, dans les centres nerveux que les parties avec lesquelles il est en contact direct, soit qu'il s'agisse du cerveau, soit qu'il s'agisse de la moelle épinière.

Voici le résumé de mes principales expériences :

Plusieurs grenouilles auxquelles le cœur et les gros vaisseaux ont été enlevés et sur le tronc desquelles on a fait une ligature en masse, sont placées les unes la tête en haut, les autres la tête en bas, et soumises à l'action de l'eau chloroformée injectée, chez les unes sous la peau de la moitié céphalique, chez les autres sous la peau des membres postérieurs. La déclivité fait varier les résultats, et les grenouilles placées la tête en bas et recevant du chloroforme dans la moitié céphalique offrent une anesthésie localisée au cerveau, et n'influençant point la moelle épinière, tandis que le cerveau peut être anesthésié chez des grenouilles, placées la tête en bas et recevant le chloroforme au-dessous de la peau des membres postérieurs.

Mettant à nu le cerveau des grenouilles privées de cœur et appliquant sur le cerveau un tampon de ouate imbibé de chloroforme pur, j'ai obtenu une anesthésie rapide, limitée au cerveau. Les cornées et la langue étaient insensibles tandis que la sensibilité des membres subsistait.

La même expérience répétée sur des grenouilles dont l'aorte était simplement comprimée par une ligature, a permis, après constatation de l'anesthésie limitée au cerveau, de rétablir la circulation et de faire revenir l'animal à l'état normal. Cette expérience est destinée à montrer que le chloroforme pur, appliqué sur le cerveau, agit comme simple anesthésique, et non comme le ferait un agent caustique qui, détruisant la substance cérébrale, ferait de la grenouille en expérience un animal décapité.

Quels que soient les détails de ces expériences, l'anesthésie est bien dûment un phénomène résultant d'une action spéciale que les anesthésiques ont sur les centres nerveux. La perte de connaissance qui accompagne l'anesthésie fait de ce phénomène un analogue du sommeil physiologique. Aussi les divers auteurs qui ont étudié les anesthésiques, M. Cl. Bernard en particulier, ont comparé, si ce n'est assimilé, presque complétement l'anesthésie au sommeil physiologique.

Sans parler des anciennes théories plus ou moins obscures qui avaient été avancées pour expliquer le sommeil, rappelons que MM. Durham (1860) et Hammond (1866), chacun de leur côté, par des expériences devenues célèbres, crurent avoir démontré que, pour le cerveau, l'anémie correspondait à la période du repos aussi bien que la congestion correspondait à la période d'activité de l'organe. Cette manière de voir, née de l'expérimentation

admise par MM. Guéneau de Mussy (1866), Régnard (1868), est celle qu'adopte M. Cl. Bernard qui cherche à démontrer expérimentalement, en chloroformant des animaux trépanés, que la période de résolution et d'insensibilité, qui est celle de la véritable anesthésie, est accompagnée d'anémie, tandis que dans la période d'excitation le cerveau est hypérémié, grâce surtout aux efforts et à l'agitation que présentent les animaux dans cette période.

M. Langlet, l'auteur d'une très-intéressante monographie sur le sommeil (analysée, Archives, XLV, p. 284), émet une opinion contraire, et avance une série d'arguments qui l'engagent à admettre que « si le sommeil peut « se rencontrer avec une forte congestion ou avec une « anémie, même considérable, il n'est vraiment répara- « teur que lorsqu'une légère augmentation de l'afflux « sanguin permet aux échanges nutritifs de se faire avec « activité. » Cette question est encore à l'étude et ne semble pas avoir fait grand pas depuis le travail de M. Langlet.

Mais le sommeil physiologique peut-il être complétement assimilé à celui qui est provoqué par l'introduction dans le sang, et par son intermédiaire, dans les centres nerveux d'un agent étranger tel que le chloroforme? C'est là un point tout au moins fort contestable.

Narcotiques combinés aux anesthésiques.

M. Cl. Bernard a découvert un fait qui, fort utile pour les expériences physiologiques, a été récemment appliqué à la médecine.

Il a constaté que le sommeil anesthésique pouvait être longtemps prolongé, quand on injectait sous la peau de

l'animal chloroformé quelques centigrammes d'un sel de morphine. Ce phénomène avait été aussi découvert à la même époque par M. Nusbaum [1], de Münich. Ce chirurgien extirpait une tumeur du cou chez une femme. L'anesthésie chloroformique avait été maintenue, déjà pendant une heure environ sans que l'opération fût terminée. N'osant pas prolonger plus longtemps l'action du chloroforme dans la crainte de provoquer un accident mortel, M. Nusbaum eut l'idée de lui substituer la morphine qui avait d'ailleurs été employée dans les opérations chirurgicales avant la découverte des propriétés anesthésiques du chloroforme. Mais au lieu d'obtenir simplement les effets de la morphine, il vit l'anesthésie chloroformique ne pas se dissiper et persister pendant fort longtemps encore.

M. Bernard a démontré de plus que, si l'expérience vient à être renversée, les résultats ne sont pas les mêmes. Un chien, sous la peau duquel on a injecté de la morphine et qui sous l'influence de cet alcaloïde présente une excitabilité exagérée, devient très-sensible à des doses minimes de chloroforme qui dans l'état normal auraient été insuffisantes pour l'impressionner. Il suffit d'entretenir l'inhalation chloroformique à très-faible dose, pour que l'animal reste sous l'influence des deux médicaments de la manière la plus complète. « Sous cette influence, les ani-
« maux tombent dans une résolution absolue, leurs mem-
« bres deviennent flasques et l'on peut les placer dans
« toutes les positions : ils sont comme des cadavres chauds
« et l'on peut les conserver dans cet état pendant long-
« temps, une demi-journée si l'on veut.

[1] *Nusbaum*, Prolongation de l'anesthésie chloroformique pendant plusieurs heures (Intelligenzblatt für bayer. Ærzte et Gaz. de Strasbourg).

« Lorsqu'on commence par le chloroforme, l'insensibi-
« lité produite se prolonge fort longtemps par suite de
« l'influence de la morphine, tandis qu'en donnant d'a-
« bord la morphine, à peine l'inhalation du chloroforme
« est-elle interrompue que la sensibilité reparaît très-
« vite » (Bernard).

M. Bernard cherche à donner de ces phénomènes une explication qui peut à quelques égards paraître un peu théorique. Il pense que le nerf, rendu plus excitable par la morphine, est plus vite atteint par le chloroforme que s'il était à l'état normal.

Quelle que soit la théorie que l'on puisse proposer, le phénomène en lui-même est un fait très-intéressant et très-important relativement à l'anesthésie.

La torpeur produite par l'injection d'une forte dose de morphine ou d'opium dans les veines, produit par elle-même une insensibilité assez grande pour que les animaux puissent subir, sans s'en apercevoir, de graves mutilations.

Les animaux se trouvent alors dans un état très-bizarre offrant une insensibilité complète à la douleur tout en restant très-excitables au bruit. Placés sur leurs pattes, ils parcourent la chambre, présentant ce que M. Bernard appelle fort à propos la démarche *hyénoïde;* ils paraissent effrayés quand on les poursuit, mais replacés sur le dos ils peuvent subir des opérations douloureuses sans proférer la moindre plainte, sans donner le moindre signe de douleur.

Le narcotique doit être poussé à de fortes doses, souvent dangereuses, pour produire cet effet; mais en recourant à des doses moindres on peut préparer une anes-

thésie chloroformique ou une éthérisation très-facile et très-prolongée.

Cette découverte de M. Bernard a été récemment mise en usage par plusieurs chirurgiens, sans que jusqu'à présent nous ayons connaissance d'accidents signalés ; elle peut devenir très-précieuse pour obtenir une anesthésie complète et prolongée dans des cas d'opération longue et douloureuse, sans que l'on soit obligé de recourir à de fortes doses d'anesthésiques. C'est là un service important que la physiologie a pu rendre à la chirurgie.

J'ai cru observer dans plusieurs expériences que la température du corps, qui est abaissée dans toute anesthésie, subit un abaissement plus considérable que dans l'anesthésie simple.

Le Chloral.

Nous n'insisterons pas ici sur la multitude des agents anesthésiques que nous avons énumérés plus haut et qui, mis successivement en usage, n'ont pas été conservés dans la pratique. Leur mode d'action physiologique ne paraît pas être différent de celui du chloroforme et de l'éther. Mais il est un agent récemment mis en usage et destiné peut-être à jouer un rôle plus étendu dans l'avenir, qui doit nous arrêter quelque temps : c'est l'hydrate de chloral.

La découverte chimique du chloral et de l'hydrate de chloral remonte à 1832. Elle est due à J. Liebig. — En 1834, M. Dumas reprit l'étude du chloral, et la science lui doit un procédé régulier de préparation et une série de recherches théoriques qui ont fixé la véritable composition de ce corps. Stœdler a également soumis le chloral

à d'intéressantes investigations et a découvert que cette combinaison chlorée prend naissance dans la réaction du chlore sur les matières sucrées et amylacées.

Pendant de longues années, le chloral, de même que le chloroforme, est resté sans application; ses propriétés physiologiques et thérapeutiques ont été découvertes en 1865 par M. O. Liebreich. Chacun sait que ce n'est pas du chloral pur, dont les propriétés irritantes excluent l'emploi, mais de l'hydrate de chloral dont M. Liebreich a fait usage dans ses importantes recherches.

Depuis que M. Liebreich a montré que l'on possédait dans le chloral un corps capable de produire le sommeil et la diminution de sensibilité, ce corps a été le sujet de très-nombreux travaux qui l'étudiaient comme hypnotique. Employé surtout par la voie digestive, vu ses propriétés irritantes qui produisent des inflammations et des abcès quand on l'introduit par voie hypodermique, le chloral est devenu très-précieux dans la thérapeutique comme succédané de l'opium. Le chloral, administré en potion ou en sirop, calme en effet les douleurs et peut produire le sommeil sans entraîner à sa suite la somnolence, la céphalalgie et la dyspepsie qui sont si souvent le résultat de l'administration des opiacés. Jusqu'à ces dernières années, le chloral était administré simplement comme hypnotique, son mode d'administration digestive n'amenant généralement pas une torpeur anesthésique suffisante pour en faire un vrai anesthésique digne de remplacer le chloroforme. Mais quand on l'administre à hautes doses, le chloral devient un véritable anesthésique, et peut causer de graves accidents.

Il y a un an environ, un chirurgien de Bordeaux, M. Oré, eut l'idée d'introduire une solution au $^1/_3$ ou au

$^1/_{10}$ de chloral directement dans les veines pour produire l'anesthésie. Des essais faits d'abord sur des animaux lui donnèrent une anesthésie si complète qu'il résolut de l'employer chez l'homme pour les opérations chirurgicales. — Plusieurs opérations furent pratiquées par M. Oré pendant l'anesthésie chloralique, nommée dès lors *chloralisation;* des notes furent envoyées par lui aux différentes sociétés savantes, et son exemple fut imité par quelques chirurgiens, et en particulier par MM. Deneffe et Van Watter, de Gand. Cependant ce mode opératoire donna lieu à de vives récriminations de la part d'un grand nombre de chirurgiens. La Société de chirurgie de Paris blâma, en particulier, vivement la chloralisation comme un procédé dangereux, capable d'amener des accidents graves. L'introduction de canules et d'un corps irritant dans les veines paraît, en effet, une pratique redoutable, qui doit faire préférer l'administration du chloroforme ou des autres agents volatils à la chloralisation. M. Oré et ceux qui ont employé ce procédé se défendent en répondant qu'ils n'ont pas eu d'accidents à redouter ; mais la hardiesse de ce procédé effraiera encore certainement longtemps, et à juste titre, les chirurgiens prudents.

Si la chloralisation est redoutable au point de vue chirurgical, il n'en est pas de même pour les physiologistes, qui trouvent en elle un anesthésique précieux à cause de l'absolue insensibilité qu'il produit et qui peut se maintenir pendant plusieurs heures, malgré les mutilations les plus graves et les plus douloureuses. La chloralisation est un procédé expérimental qui fait disparaître les récriminations que l'on peut faire aux vivisections dans lesquelles la douleur est inutilement provoquée. La

douleur inutile dont les physiologistes étaient souvent, contre leur gré les témoins, peut ainsi être complétement éteinte.

C'est à Paris, l'an dernier, que j'eus l'occasion de voir, pour la première fois, une chloralisation, dans le laboratoire de M. Vulpian, qui publia depuis lors plusieurs notes sur ce sujet. L'anesthésie produite fut si remarquable que depuis lors j'ai souvent mis ce procédé en usage. Il suffit de fixer dans le bout central d'une veine une canule munie d'un robinet et d'y injecter progressivement une solution graduée de chloral, pour produire le sommeil. M. Vulpian employait la solution au $^1/_8$; je préfère généralement celle au $^1/_{10}$ qui m'a paru mieux tolérée et provoquer moins souvent des accidents. La solution est poussée graduellement jusqu'à ce que le sommeil soit produit. Un ou deux grammes suffisent généralement chez un chien de taille moyenne, un gramme chez le chat, 50 centigrammes chez le lapin. Peu après l'injection la respiration se ralentit généralement pendant quelques instants et paraît même être sur le point de se suspendre, puis elle reprend bientôt son type presque normal. En même temps les battements du cœur se ralentissent, la pression vasculaire diminue, les yeux se tournent en dedans, la pupille contractée comme dans le sommeil physiologique, et l'animal s'endort d'un profond sommeil pendant lequel il présente souvent des ronflements. Le moment de l'injection n'est pas douloureux, car l'animal ne semble pas s'en douter et passe directement de la période de veille à celle de sommeil sans offrir l'excitation produite par le chloroforme ou l'éther introduits par voie pulmonaire.

Il n'offre pas non plus les vives douleurs et les cris que

poussent toujours les animaux et surtout les chiens, dans le système veineux desquels on introduit une solution de morphine ou d'opium. Ces cris, qui précèdent immédiatement la narcose et indiquent probablement une douleur qui précède l'état narcotique, manquent dans la chloralisation. Le sommeil produit est des plus profonds, l'animal reste complétement insensible pendant près d'une demi-heure et même davantage, si la dose a été forte. Les opérations les plus graves, les plus douloureuses, peuvent se pratiquer sur lui absolument comme sur un cadavre. Dès que le réveil semble se produire et que l'animal s'agite aux excitations douloureuses, il suffit de pousser une injection nouvelle dans la canule restée à demeure dans la veine, et dont on avait fermé le robinet, pour produire de nouveau l'anesthésie complète qui peut être ainsi maintenue pendant plusieurs heures.

Nous avons pu faire sur des animaux chloralisés des expériences sur les sécrétions, sur l'effet de divers poisons agissant sur les glandes salivaires ou intestinales, telles que la muscarine, le jaborandi, la calabarine, l'atropine, etc., etc., et étudier les propriétés de ces médicaments sans que leur effet ait été modifié par la chloralisation. La chloralisation est, on le voit, une immense conquête pour la physiologie. Des accidents peuvent, il est vrai, survenir; nous avons vu, comme d'autres expérimentateurs, des animaux succomber au chloral, comme au chloroforme, tantôt à l'arrêt du cœur, tantôt et plus souvent à l'arrêt de la respiration; aussi l'administration doit-elle en être faite graduellement et avec prudence, et nous sommes loin de la conseiller actuellement sur l'homme, avant surtout que les effets physiologiques du

chloral et ses modifications chimiques aient été plus complétement étudiés.

Il est cependant certains cas, très-rares, dans lesquels l'application intraveineuse du chloral a été déjà faite, paraît-il, avec quelque succès et où elle est justifiable : c'est le cas du tétanos, et, pour quelques auteurs, l'hydrophobie, enfin dans l'empoisonnement par la strychnine.

L'application des anesthésiques puissants peut, en effet, être d'un grand secours contre les convulsions du tétanos ou du strychnisme.

M. Liebreich avait signalé dans ses expériences un antagonisme que le chloral (et le chloroforme) présenterait vis-à-vis des convulsions strychniques. Cet auteur vit des animaux chez lesquels une dose toxique de strychnine avait été administrée, et suivie de la chloralisation, ne pas succomber au tétanos strychnique, comme cela serait arrivé si le chloral n'avait pas été administré. C'est cette propriété antagoniste du chloral pour la strychnine qui a engagé plusieurs auteurs à l'employer avec succès, paraît-il, dans certains cas de tétanos traumatique. Mais si le chloral peut empêcher la mort de survenir à la suite de l'empoisonnement par la strychnine, l'inverse n'est pas vrai, et l'administration de strychnine n'empêche pas la mort de survenir lorsque la chloralisation est poussée trop loin. Un poison peut être antagoniste d'un autre, c'est-à-dire empêcher ses propriétés physiologiques de se développer et de produire des accidents, sans que pour cela le second poison empêche les propriétés du premier de se manifester : l'antagonisme n'est pas toujours mutuel. Il me semble qu'on peut assez bien se rendre compte de l'action bénéficiante du chloral contre les convulsions strychniques, en voyant dans le chloral un corps qui em-

pêche les convulsions et qui s'oppose à l'épuisement du système nerveux provoqué par ces convulsions. Je rappellerai à ce propos que M. le professeur Rosenthal a montré que des lapins chez lesquels on entretient l'apnée ou la suroxygénation du sang au moyen d'une insufflation artificielle du poumon un peu énergique, peuvent supporter sans mourir une dose de strychnine qui, sans l'état d'apnée, produirait la mort. Ces animaux peuvent éliminer le poison sans offrir de crises convulsives.

Mais si, pendant l'expérience, un accident quelconque fait suspendre la respiration artificielle; si une crise convulsive se produit, l'animal est presque à coup sûr condamné, il est très-difficile dès lors de l'empêcher de succomber.

J'ai, il y a quelques années, fait avec le Dr Waller, plusieurs expériences qui nous ont démontré que des animaux chloroformés étaient incapables, tant que durait l'anesthésie, d'offrir des convulsions; c'étaient les convulsions provoquées par l'anémie cérébrale que nous avions prises surtout pour exemple. Il était impossible, pendant la chloroformisation, de produire des convulsions par la compression des artères qui se rendent au cerveau comme cela a lieu hors l'état anesthésique.

Rapprochant nos expériences de celles de M. Rosenthal, relativement à l'antagonisme du chloral pour la strychnine, nous pensons que le chloral agit, dans ce cas, probablement en s'opposant à la naissance des convulsions et, si la chloralisation est entretenue assez longtemps, la strychnine pourra être éliminée sans que des crises convulsives aient produit l'épuisement des centres nerveux et la mort.

Cette analyse des phénomènes d'antagonisme de ces

deux corps, chloral et strychnine, justifierait très-bien l'emploi thérapeutique du chloral dans le tétanos et les états convulsifs quels qu'ils soient.

La chloralisation, comme les autres anesthésies, est accompagnée généralement d'un abaissement de la température du corps qui atteint quelques degrés, ce qui peut n'être pas sans inconvénients.

Le chloral agit, selon toute vraisemblance, comme le chloroforme, en s'adressant aux éléments du système nerveux central qu'il rend impuissants tant que dure son action.

On sait, d'après les travaux de Liebig et de M. Dumas, que le chloral se décompose *in vitro*, en présence des alcalis hydratés, par une sorte d'oxydation en chloroforme (Dumas) et formiate.

$$\underset{\text{Chloral.}}{C^4Hcl^3O^2} + \underset{\text{Soude.}}{NaO,HO} = \underset{\text{Chloroforme.}}{C^2Hcl^3} + \underset{\text{Formiate de soude.}}{NaO,HC^2O^3}$$

Plusieurs auteurs, à l'exemple de M. Liebreich, pensent qu'une transformation semblable a lieu dans le sang, grâce à la présence de carbonates alcalins du sérum. L'hydrate de chloral serait ainsi une source de production du chloroforme dans l'économie; celui-ci seul serait actif, il serait la cause de tous les effets physiologiques observés. Cette théorie a été admise par beaucoup d'auteurs qui se sont occupés de cette question, parmi lesquels nous pouvons citer : MM. Richardson, Personne, Roussin, Byasson et Follet, Villième, Rabuteau, Napievalski, etc. D'autre part, d'autres auteurs admettent que le chloral peut agir comme chloral sans qu'il soit nécessaire d'invoquer son dédoublement; c'est à cette théorie que se rattachent MM. Demarquay, Gubler, Labbé et Goujon, Lissonde, etc.

Les observateurs qui se rattachent à la première théorie prétendent avoir constaté dans le sang et dans les gaz expirés par les animaux en expérience, du chloroforme; ceux qui adoptent la seconde manière de voir sont d'un avis contraire. De part et d'autre des arguments plus ou moins valables sont en présence. De nouvelles expériences plus positives sont nécessaires pour que cette question douteuse soit définitivement jugée.

Anesthésie locale.

L'anesthésie locale est un procédé destiné à produire l'insensibilité par l'application externe de certains agents. Elle peut être mise en usage pour des opérations de courte durée, surtout quand ces opérations ont pour siége les extrémités des membres.

L'anesthésie produite par le froid en est un des principaux exemples: on peut, en refroidissant au moyen d'un mélange réfrigérant un doigt, un orteil, produire une insensibilité assez grande pour permettre de faire, sans douleur, l'extraction d'un ongle, par exemple. Chacun sait que pendant le phénomène de l'onglée les extrémités sont insensibles.

L'application de corps volatiles tels que l'éther, faite au moyen d'appareils vaporisateurs, a été mise en usage pour produire une insensibilité semblable à celle que produit l'application de la glace. Le mécanisme de l'éther reste, dans ces cas, semblable à celui d'un mélange réfrigérant: c'est le froid produit par la rapide volatilisation du gaz qui produit l'insensibilité par un mécanisme tout différent que celui que nous avons étudié à propos des anesthésiques généraux. Certains gaz sont cependant

susceptibles de produire une véritable anesthésie locale par un mécanisme différent de celui de la réfrigération; c'est ainsi que l'acide carbonique est capable d'amener un certain degré d'anesthésie qui a été souvent employé pour calmer des douleurs ayant pour point de départ des organes même profondément situés, tels que la vessie.

Mais nous ne pouvons être plus long sur l'anesthésie locale, qui rend, il est vrai, de nombreux services à la chirurgie, mais dont l'importance physiologique ne peut être comparée à celle des anesthésiques généraux.

RÉPONSE A M. MARC MICHELI

POUR LA PARTIE QUI CONCERNE

LE MOUVEMENT VÉGÉTAL

DANS SON ARTICLE SUR

LES PROGRÈS DE LA BOTANIQUE EN 1874

La discussion scientifique ayant pour principal caractère d'être absolument libre, à la condition de rester sincère et utile, nous aurions gardé un silence légitime après les appréciations critiques de M. M. Micheli sur les *Progrès de la Botanique* en 1874, si nous n'avions été impérieusement appelés à la réplique, d'un côté, par la juste considération dont jouit la publication qui les a accueillies, et de l'autre, par ce fait plus important que nos travaux ont été introduits dans une discussion stérile qui, nous avons eu le regret de le constater, n'a été alimentée que par des souvenirs confus de nos communications aux sociétés savantes.

L'auteur de la critique ayant, involontairement sans doute, dénaturé nos résultats, n'était plus autorisé à les opposer à ceux qui ont servi de base à une théorie opposée, et, dans ces conditions, nous ne pensons surprendre personne en disant que, dans cette réponse, notre but est bien plutôt de rétablir les faits dans leur réalité, quelle qu'elle soit, que d'entrer dans une lutte dont l'inutilité ressort de la façon même dont notre pensée a été traves-

tie. Nous nous réservons, du reste, de donner à la discussion de nos théories toute l'ampleur désirable dans un travail en cours de publication [1].

Tout d'abord, notre savant contradicteur, qui a bien voulu faire à nos très-modestes travaux l'insigne honneur de leur consacrer trois pages de son article, nous fait dire (page 113, ligne 21) que nous attribuons l'irritabilité des étamines de *Mahonia, de Berberis* et de *Sparmannia* à des propriétés particulières des cellules épidermiques, qui se contractent sous l'influence d'un excitant. C'est là une première inexactitude qui a d'autant plus lieu de nous étonner que nous avons longuement établi dans nos communications, soit à la Société botanique de France, soit à l'Institut, que le mouvement persiste dans les filets du *Mahonia* et du *Berberis* en dehors de la présence de l'épiderme, et même dans des tranches relativement minces du tissu contractile, lequel est une portion de la face concave de l'organe mobile. Toutes nos forces ont tendu à prouver que les cellules contractiles existent dans ces filets en même temps qu'un ressort antagoniste appelé à assurer le retour de l'organe à la position de repos. Si, exceptionnellement, nos observations nous ont conduit à admettre que l'épiderme des filets de *Sparmannia* joue un rôle actif dans le mouvement spécial et rythmé dont ces organes sont le siége, nous n'avons pas manqué d'attirer l'attention des observateurs sur l'importance des trachées dans ce phénomène, et depuis nous avons constaté que le revêtement spécial de ces organes ne devait être considéré que comme l'auxiliaire des trachées.

Ainsi donc, lorsque le savant traducteur de J. Sachs

[1] Du mouvement spontané dans les organes reproducteurs de quelques Phanérogames, 1875. Coulet, à Montpellier.

termine l'examen de notre théorie en disant : « Dans la « théorie opposée, au contraire, la contraction des cellu- « les reposerait sur une propriété particulière et tout à « fait inconnue des membranes, » il n'est pas fondé dans sa critique pour ce qui concerne les *Mahonia*, les *Berberis*, les *Sparmannia*, et il ne l'est pas davantage, ajoutons-le, pour ce qui touche aux *Synanthérées*, à propos desquels il a fait la même confusion.

Nous n'avons, en effet, dans aucun cas, soutenu une pareille théorie : puisque M. Micheli tient absolument à trouver du nouveau dans les faits que nous avançons, nous lui disons qu'il ne s'agit pas d'une propriété nouvelle des membranes cellulaires, mais bien d'une propriété classique, la *contractilité du protoplasma* et l'entraînement subséquent de la membrane d'enveloppe, fait que personne ne conteste et dont nous avons trouvé l'existence dans certains organes doués de mouvement provoqué.

Nous n'aurions absolument qu'à nous répéter pour ce que nous avons dit du mouvement des *Synanthérées : Notre théorie ne s'applique pas aux membranes d'enveloppe des cellules.* A propos de notre manière de voir, M. Micheli s'exprime ainsi (p. 114) : « Sans vouloir nous « prononcer d'une manière absolue sur la valeur compa- « rative de ces deux théories, il nous semble que quel- « ques-uns des reproches adressés par M. Heckel à l'idée « d'un déplacement de liquide, ne sont pas bien fondés. « ..... Il dit, par exemple, que les filets des *Cynarées* ne « renferment pas de lacunes dans lesquelles le liquide « puisse s'emmagasiner; or, M. Pfeffer a précisément « remarqué que dans certains cas (*Berberis*) l'absence de « lacunes était compensée par la présence d'une matière « intercellulaire spongieuse, qui peut absorber le liquide. »

Quoique nous n'ayons jamais observé, dans les nombreuses coupes que nous avons dû faire de ces organes mobiles, le tissu en question, nous acceptons cependant d'en admettre l'existence, et nous demanderons alors à M. Micheli s'il entend transformer en une règle générale pour tous les organes mobiles dépourvus de lacunes, l'exception hypothétique signalée par M. Pfeffer. Pour nous, il est certain que ce tissu n'existe pas pour les filets des *Synanthérées*, et nous nous demandons où peut se rendre le liquide qui transsude des cellules et dont on ne trouve pas trace après incision même profonde de l'organe.

Quoique nous nous soyons promis de ne pas discuter, nous ne pouvons résister au besoin de faire remarquer à notre savant contradicteur que la perméabilité des membranes, cette propriété assurément reconnue sans conteste à toutes les enveloppes de cellules, est complétement inconnue avec ce caractère de rapidité qu'on lui accorde gratuitement quand on veut expliquer par elle le phénomène du mouvement provoqué. Que l'influence de cette propriété puisse être considérée comme prépondérante dans l'accomplissement de l'acte complexe et jusqu'ici peu connu dans son essence qui constitue le mouvement spontané, nous nous garderions de le nier, ayant fourni nous-même des preuves de la probabilité de ce transfert, mais il est bien évident, et M. Paul Bert l'a prouvé victorieusement dans son remarquable travail sur la *sensitive*, que cette action des membranes enveloppantes n'a rien à faire dans le cas qui nous occupe spécialement (mouvement provoqué).

En terminant, M. Micheli n'hésite pas à se montrer assez partisan de la théorie du transport de l'eau (théorie de Brüke généralisée par M. Pfeffer) pour écrire les lignes

suivantes : « Enfin, dans une autre étude sur le mouve-
« ment des lamelles stygmatiques des Bignoniacées, Scro-
« phalarinées et Sésamées, M. Heckel attribue aux tra-
« chées un rôle particulier dans la transmission du mou-
« vement d'une lamelle à l'autre.... Ici encore cette
« manière de voir nous paraît faire appel à une propriété
« problématique des tissus : il n'est pas possible, dans
« l'état actuel de nos connaissances, de rien dire du mode
« d'action de trachées transmettant directement une
« irritation. La théorie du déplacement du liquide trou-
« verait au contraire, nous semble-t-il, une application
« très-logique dans les stygmates en question qui sont
« formés en grande partie d'un tissu parenchymateux
« turgescent. Peut-être alors les trachées pourraient-
« elles intervenir comme réceptacle du liquide expulsé
« provisoirement des cellules. » A la première proposition, nous répondrons qu'il y a dans la science sur la transmissibilité du mouvement par les trachées, les expériences de M. Ziegler et les nôtres [1], et que déjà beaucoup de physiologistes très-anciens avaient soupçonné cette propriété après Comparetti. — Quant à la seconde, qui tendrait à faire entrer de simples suppositions en lutte sérieuse avec des faits prouvés, nous n'y répondrons qu'en faisant observer à M. Micheli que le rôle qu'il attribue aux trachées serait au moins plus nouveau et plus imprévu que celui dont nous les avons chargées après de longues recherches. Le fait du passage du liquide des cellules dans les trachées n'a été observé par personne et si on y réfléchit bien on ne tarde pas à se convaincre qu'il est irréalisable.

[1] M. Micheli paraît en faire vraiment trop bon marché.

L'objection manque donc de bases et ne nous paraît pas plus heureuse que l'ensemble de la discussion de nos théories [1].

E. HECKEL.

[1] Je n'ai nullement l'intention d'entrer ici dans la discussion de la note de M. Heckel ; dans mon rapport sur les progrès de la physiologie végétale en 1874, j'ai exposé les deux théories opposées, en indiquant les motifs qui me semblaient militer en faveur de l'une d'entre elles; mon opinion à cet égard ne s'est pas modifiée. Je reconnais que j'ai, par inadvertance, étendu aux Berberis et aux Mahonia le rôle de l'épiderme que M. Heckel n'attribue qu'aux Sparmannia et aux Cistes. Ce sont « les cellules de la face interne » que l'auteur désigne comme organes du mouvement dans ces premières plantes. Mais cette rectification ne me semble pas modifier l'état de la question. Cette contractilité des cellules qui dans certains cas (Berberis) est accompagnée d'une diminution de volume, dans d'autres cas (Synanthérées) est contre-balancée par l'épaississement du filet, reste toujours bien vague. Est-il, d'ailleurs, bien sûr que dans des organes turgescents, c'est-à-dire gorgés de liquides, le protoplasma puisse se contracter et entraîner par là la membrane enveloppante sans qu'il y ait déplacement de liquide? Quant aux trachées, M. Heckel a constaté que, dans certains organes irritables, la section des faisceaux trachéens est accompagnée d'un arrêt ou d'un ralentissement dans la transmission du mouvement, mais il ne dit rien du mode d'action de ces éléments anatomiques. Fonctionnent-ils comme un ressort ou autrement? Je persiste donc à trouver que les idées mises en avant par M. Heckel ne paraissent pas fondées sur des expériences précises et complètes, mais plutôt sur des probabilités et des analogies. Je renvoie du reste le lecteur à la réfutation des idées de M. Heckel insérée par M. le professeur Pfeffer dans la *Botanische Zeitung*, 1875, n° 17, étant personnellement tout à fait en dehors du débat.

M. MICHELI.

SUR LE

SPECTRE NORMAL DU SOLEIL

PARTIE ULTRA-VIOLETTE

PAR

M. A. CORNU

Professeur à l'École polytechnique de Paris [1].

Tous les physiciens connaissent la belle description des raies sombres du spectre solaire de M. Angström et les planches remarquables qui résument ce travail; outre leurs qualités de précision et de netteté, ces belles planches ont un autre mérite, celui de conduire les physiciens et les astronomes à adopter l'échelle des longueurs d'onde, pour la définition des raies et des radiations, au lieu des échelles arbitraires introduites par les premiers spectroscopistes.

Le Mémoire de M. Angström ne s'étend qu'au spectre visible. Je me suis proposé de compléter ce travail par l'étude du spectre dans la partie ultra-violette, jusqu'à la limite à laquelle on parvient avec les instruments d'optique en usage dans les laboratoires, et de composer une planche faisant suite à celle de M. Angström, c'est-à-dire

[1] Ce mémoire a paru dans les *Annales scientifiques de l'École normale*, 1874, n° 12; son importance nous engage à le reproduire textuellement. Nous avons la bonne fortune de pouvoir y joindre la Planche originale dont M. Gauthier-Villars, éditeur des Annales, avec l'autorisation du Comité de rédaction et de l'auteur, a eu l'extrême obligeance de faire faire un tirage pour les *Archives*. (Réd.)

classant suivant l'échelle des longueurs d'onde les raies sombres du spectre ultra-violet.

J'ai eu pour me guider dans ce travail, entrepris d'ailleurs en vue de recherches de Physique solaire[1], outre les Mémoires de M. Ed. Becquerel, la thèse de M. Mascart. Ce travail, le plus complet jusqu'à ce jour, renferme une description détaillée du spectre ultra-violet, obtenu par la photographie; les raies sont classées d'après leurs déviations produites par le prisme employé et représentées par une planche qui résume toutes les mesures; mais cette planche, outre l'inconvénient de l'emploi d'une échelle arbitraire, a le défaut de rendre imparfaitement l'*effet* des groupes de raies, de sorte qu'il est très-difficile d'établir la concordance des raies avec les épreuves photographiques[2].

Dans le travail que je présente aujourd'hui[3], j'ai cherché, indépendamment de la classification plus rationnelle des raies, à représenter le plus fidèlement qu'il m'a été possible de le faire l'aspect général des groupes, afin de faciliter aux physiciens l'établissement de cette concordance, capitale dans les études spectroscopiques.

Je n'ai pas poussé l'étude du spectre ultra-violet aussi

[1] Voir les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXXIII, p. 332, juillet 1871; *Archives*, 1871, t. XLII, p. 85.

[2] Il ne faudrait pas croire que le *renversement*, c'est-à-dire l'apparence négative des clichés, soit gênant; après quelques minutes d'observation, on compare très-bien une épreuve négative à un dessin positif : on se guide sur la forme et l'intensité relative des groupes de ligne et non pas sur leur éclat absolu.

[3] La minute de la planche qui accompagne ce Mémoire a été présentée à l'Association française pour l'avancement des Sciences, en septembre 1872, au Congrès de Bordeaux (voir le volume des *Comptes rendus* de la session de Bordeaux, p. 300) ; le retard dans la publication de ce Mémoire et surtout de la gravure de la planche provient de causes indépendantes de ma volonté.

loin que M. Mascart, parce que j'ai tenu à conserver les appareils ordinaires des laboratoires, dont les objectifs en crown et flint-glass absorbent les radiations très-réfrangibles, mais qui sont, ainsi qu'on va le voir, d'un maniement plus facile que les appareils en quartz. Toutefois, j'ai pu constater que dans cette étude du spectre ultra-violet on pouvait, avec ces appareils, aller notablement plus loin qu'on ne le croyait généralement. En effet, l'absorption due aux objectifs n'empêche pas de photographier les raies ultra-violettes jusqu'à P et même jusqu'à Q (notations de M. Ed. Becquerel et de M. Mascart) dans un spectre de diffraction : avec un prisme de spath d'Islande, on atteint la raie P ; avec un prisme de flint ordinaire, la raie O.

L'emploi des objectifs achromatiques des goniomètres ou des spectroscopes présente un avantage considérable sur celui des objectifs de quartz ; la variation de foyer des divers rayons est très-petite, et le champ angulaire dans lequel la netteté reste suffisante est relativement très-grande.

Il en résulte que, dans des recherches courantes sur les radiations chimiques où l'on n'aurait pas besoin d'aller jusqu'à la limite des raies observables, on a tout avantage à employer les objectifs achromatiques ordinaires ; ainsi, avec un bon goniomètre dont les lunettes ont 30 à 40 centimètres de distance focale, un prisme de spath d'Islande bien travaillé, il suffit de trois clichés photographiques ayant chacun une étendue angulaire de 40 minutes pour obtenir toute la partie du spectre chimique comprenant les raies *h*, H, K, L, M, N, O.

La finesse des détails dépend entièrement de la perfection du prisme ; avec un bon prisme elle atteint un

degré étonnant: les clichés peuvent supporter un grossissement de 50 fois, c'est-à-dire 5 à 6 fois celui de l'oculaire de la lunette.

Au point de vue expérimental, j'ai adopté la marche indiquée par M. Mascart, à savoir l'emploi de la plaque photographique au foyer de la lunette d'un spectroscope formé par un seul prisme; toutefois, j'ai changé le dispositif: au lieu d'introduire une très-petite glace collodionnée jusque dans le plan du réticule, j'ai trouvé plus commode d'employer un porte-plaque extérieur qu'on introduit aussi à la place de l'oculaire. Cette disposition dispense de tailler des verres circulaires, dont la dimension est si petite que la manipulation photographique devient difficile; de plus, elle permet de placer la petite glace collodionnée sur un châssis glissant à coulisse et d'obtenir ainsi plusieurs épreuves sur la même glace. Il est vrai aussi qu'on n'utilise plus le réticule; mais, en général, on n'en a pas besoin, et si le besoin s'en fait sentir, on verra plus loin comment on obtient des repères équivalents.

J'ai exécuté trois séries de clichés photographiques de spectres produits :

1° Par un réseau de Nobert;

2° Avec un prisme de flint;

3° Avec un prisme de spath d'Islande (rayon ordinaire).

La série obtenue avec les réseaux a permis de déterminer directement la longueur d'onde de 36 raies principales; les deux autres ont fourni des spectres plus dispersés ou plus étendus, lesquels, par la finesse de leurs détails, ont servi à compléter les observations précédentes.

Voici le détail d'une opération :

I *Manipulation photographique.* — Le procédé photographique a été simplifié autant que possible : le collodion employé était celui du commerce; il faut le commander un peu plus épais ou attendre qu'il le devienne; on perd, il est vrai, en sensibilité, mais on gagne en vigueur pour les clichés, le bain d'argent contient 7 $^1/_2$ pour 100 de nitrate d'argent; le révélateur est formé de 1000 grammes d'eau, 30 centimètres cubes d'alcool, 30 centimètres cubes d'acide acétique cristallisable, et 60 centimètres cubes d'une solution saturée de sulfate de fer. On renforce avec quelques gouttes d'un vieux bain à 5 pour 100 et avec le révélateur; on fixe au cyanure, avec lequel on risque peu de tacher les épreuves, quand on opère à la hâte.

Les clichés sont séchés et vernis (vernis Sœhnée).

II. *Mise au point.* — La difficulté principale qu'on rencontre dans ces expériences, c'est la mise au point. Voici le procédé très-simple que j'ai suivi. Le tirage de la lunette étant gradué en millimètres, on construit la courbe empirique dont les ordonnées représentent la graduation du tirage de la lunette pour chaque raie principale du spectre visible, mise au point sur le réticule, et dont les abscisses sont la déviation minima de la raie. La lunette étant achromatique pour les rayons visibles, cette courbe empirique a la forme d'une parabole dont le sommet correspondrait au milieu du spectre : les rayons dont la distance focale est minima sont les rayons verts voisins de *b*. Les rayons chimiques présentent dès lors des distances focales croissant avec leur réfrangibilité,

mais très-lentement au début; grâce à leur visibilité, on peut donc les suivre optiquement jusqu'à la raie H et prévoir par *extrapolation graphique* les tirages qu'il faudra donner à la lunette pour amener dans le plan du réticule le foyer d'une radiation plus réfrangible, correspondant à une déviation donnée. Comme la plaque sensible n'est pas placée dans le plan du réticule, mais en arrière, de toute l'épaisseur du porte-plaque, on diminue le tirage, c'est-à-dire les ordonnées de la courbe de cette quantité, et la courbe empirique peut servir à la mise au point photographique.

Pour faire cette correction d'une manière simple et rigoureuse, on enlève l'oculaire et on le remplace par le porte-plaque muni d'une glace sur la surface de laquelle sont tracés quelques traits au diamant, sur la face même où devrait être la couche sensible. A l'aide d'une loupe très-forte, on vise par transparence un groupe de raies très-fines, par exemple le groupe G, et l'on règle le tirage de manière à amener les traits exactement dans le plan focal de ces rayons. On recommence la même opération en rétablissant l'oculaire et en visant sur le fil du réticule : la différence des deux lectures du tirage dans ces deux cas donne exactement l'épaisseur optique du porte-plaque, c'est-à-dire la correction à faire subir aux ordonnées de la courbe empirique. On vérifie photographiquement cette opération en remplaçant la plaque striée par une glace collodionnée et l'on rectifie, s'il y a lieu, en faisant des essais à $^2/_{10}$ de millimètre en avant ou en arrière du tirage calculé.

La courbe une fois construite pour la partie visible du spectre chimique permet d'obtenir sans tâtonnements les clichés de cette partie du spectre. Pour les rayons invi-

sibles ultra-violets, on prolonge *à vue* l'élément de courbe graphique jusqu'à l'abscisse choisie, c'est-à-dire jusqu'à la déviation des rayons qui doivent occuper le milieu du champ, et on lit l'ordonnée ou graduation correspondant au tirage. On fait une épreuve et l'on examine si la netteté la plus grande est bien au milieu du champ; s'il en est ainsi, le réglage est bon, sinon on détermine à l'inspection de l'épreuve la déviation de la région la plus nette et l'on rectifie le prolongement de la courbe des tirages : une seconde épreuve donne alors à coup sûr un résultat complétement satisfaisant.

On procède ainsi de proche en proche, en s'arrangeant de manière que deux clichés successifs présentent une partie commune, afin qu'on puisse les raccorder avec certitude.

III. *Signes de repère sur les clichés.* — Ayant été conduit, par le dispositif adopté, à rejeter l'emploi du réticule, j'ai dû chercher des moyens de tracer des repères sur les épreuves; voici les deux qui m'ont paru à la fois les plus commodes et les plus précis :

1° On fixe la lunette en un point du cercle dont on note l'azimut A tel que la raie pricipale à observer soit sensiblement dans le milieu du champ; puis, quand l'épreuve est terminée, on ramène la lunette dans la direction du collimateur, de manière à recevoir l'image directe de la fente. Pour éviter de troubler le milieu du champ par la formation de l'image de cette fente et pour se ménager une échelle de proportion angulaire, on cale la lunette dans deux positions symétriques, distantes de 20 minutes du rayon central, dont l'azimut approché est A_0, et dans chacune des deux positions on impressionne la glace sen-

sible. Le cliché présente alors la série des raies et de chaque côté deux lignes noires, images directes de la fente, qui sont les deux repères; il est facile de voir que la raie idéale qui se trouverait au milieu exact des deux repères correspondrait rigoureusement à la déviation mesurée par

$$A - \left(\frac{A_0 + 20' + A_0 - 20'}{2}\right) = A - A_0.$$

La distance des deux repères donne en même temps l'échelle de proportion du cliché, ou valeur linéaire correspondant à l'intervalle angulaire de 40 minutes.

Cette méthode s'applique parfaitement aux épreuves des spectres obtenus avec des réseaux ou avec des prismes, mais à la condition que ces pièces soient bien construites; si les réseaux offrent des erreurs systématiques dans leurs traits, si les faces du prisme ne sont pas optiquement planes, le foyer des rayons diffractés ou réfractés ne se forme plus dans le même plan que celui des rayons directs, et alors les repères n'ont plus la finesse qui fait leur précision : toutefois, un dépointement dans le foyer de 2 à 3 millimètres fournit encore des résultats satisfaisants. Si la différence de foyer dépasse cette limite, il faut employer la méthode suivante, plus précise encore, mais d'un usage un peu moins commode.

2° On utilise les images déviées à droite et celles déviées à gauche; on fait sur chaque cliché une double épreuve : à cet effet, on couvre la moitié supérieure de la fente et l'on fait une épreuve en photographiant les rayons déviés d'un côté en plaçant la lunette à l'azimut A_1; on répète la même opération en plaçant la lunette à l'azimut A_{-1} symétrique par rapport au rayon central, de manière à photographier les mêmes rayons, mais déviés de l'autre côté, et en découvrant l'autre moi-

tié de la fente. On obtient ainsi un cliché où le même spectre se trouve disposé suivant deux positions inverses.

Le milieu des deux images de chaque raie est le même pour toutes : ce milieu correspond à la déviation $\frac{A_1 - A_{-1}}{2}$. Ce mode opératoire a le double avantage d'offrir une seconde épreuve qui sert de contrôle, et de présenter une vérification pour les deux mesures micrométriques d'une même raie.

L'échelle de proportion ne se trouve pas sur l'image comme dans la méthode précédente ; il faut faire une seconde épreuve avec une déviation différente pour l'obtenir.

Dans le cas où l'on veut employer le minimum de déviation du réseau ou du prisme, il est nécessaire de disposer sur la plate-forme centrale ou sur l'alidade mobile un petit cercle auxiliaire qui permet de déplacer la pièce de la moitié de l'angle dont tourne la lunette.

IV. *Examen et amplification des clichés.* — Les épreuves développées et fixées sont ensuite examinées avec un microscope grossissant de 25 à 100 fois, dont la plate-forme porte un chariot à vis micrométrique permettant de relever la position relative des raies. Dans d'autres cas, on adapte au microscope une chambre claire dite d'*Oberhauser*, projetant sur une feuille de papier blanc l'image du cliché : en suivant avec la pointe d'un crayon les traits de l'épreuve, on peut obtenir une image amplifiée des raies spectrales et les relever graphiquement avec un compas; je dirai plus loin dans quel cas je me suis servi de l'une ou de l'autre de ces deux méthodes d'examen et d'amplification.

Enfin, comme auxiliaires fort commodes, j'ai exécuté des épreuves amplifiées de ces petits clichés avec un grossissement variant de 12 à 25 diamètres. A cet effet le microscope était renversé horizontalement, l'oculaire enlevé et le cliché fixé au porte-objet était éclairé par la concentration de rayons solaires; l'image du cliché venait se peindre dans l'intérieur d'une chambre noire à portraits dont l'objectif était enlevé : on recevait cette image, rendue moins intense et plus monochromatique par l'interposition d'un verre bleu en avant de la lentille de concentration, sur une glace collodionnée.

De cette manière, on se procure des clichés positifs, visibles sans loupe, où l'on peut étudier et dessiner sans fatigue l'*effet* des groupes de raies des épreuves; des épreuves sur papier, obtenues avec ces clichés, sont très-utiles dans les carnets d'observation lors des mesures micrométriques, pour définir les raies qu'on enlève et éviter les confusions.

Relevé des observations.

Le but à atteindre était la détermination des longueurs d'onde de toutes les raies ultra-violettes observables, et l'opération fondamentale a consisté dans le relevé micrométrique des clichés obtenus avec les réseaux. Il eût été très-désirable de relever toutes les raies sur ces clichés; mais le faible pouvoir optique et les défauts inévitables des réseaux introduisent une certaine confusion dans les images des raies. Cette imperfection des images n'empêche pas la précision du pointé des raies bien isolées, malgré le léger estompement des bords, mais elle efface les dé-

tails des groupes de raies un peu fines ; en un mot, le spectre des réseaux est notablement inférieur à celui des prismes; de plus, la dispersion des réseaux étant proportionnelle à la longueur d'onde, est pour les radiations très-réfrangibles beaucoup moins avantageuse que celle des prismes, qui est sensiblement proportionnelle à l'inverse du carré de la longueur d'onde.

Il a donc fallu se contenter de mesurer les longueurs d'onde des raies principales, sauf à demander aux clichés des spectres prismatiques les détails intermédiaires et même le contrôle de la simplicité des raies fondamentales.

Le réseau de Nobert dont je me suis servi, appartient au Cabinet de l'École Polytechnique; il est formé de 1801 traits tracés au diamant; la distance du premier au dernier égale $6^{mm},762$, d'après quatre mesures concordantes effectuées avec la vis d'une machine à diviser de Bianchi et rapportées à un mètre de Lenoir. L'incertitude causée par les difficultés de subdivision d'une grande unité, de comparaison aux types, des effets de la dilatation, etc., fait que je ne pourrais pas répondre de 2 à 3 unités sur le quatrième chiffre ; on en déduit, pour l'intervalle de deux traits,

$$a = 0^{mm},003762$$

Comme je n'avais pas en vue une détermination absolue des longueurs d'onde, mais plutôt la continuation du travail d'Angström, je n'ai considéré cette mesure que comme une vérification des opérations ultérieures, et j'ai déduit la constante de mon réseau de la comparaison de déviations de six raies principales avec les longueurs d'onde données par le savant suédois.

Le plan du réseau se règle normalement aux rayons

incidents, en se servant de la réflexion normale à l'axe optique de la lunette pointée exactement sur le collimateur; à cet effet, on emploie un oculaire nadiral, semblable à ceux qu'emploient les astronomes pour viser sur le bain de mercure, ou simplement une lame de glace inclinée à 45 degrés, qu'on place devant le réticule après avoir ôté l'oculaire : on peut alors, en projetant de la lumière suivant l'axe, mettre en coïncidence le réticule avec son image réfléchie sur la face du réseau qui porte les traits; cette coïncidence s'observe avec une grande précision à l'aide d'une loupe qui permet d'examiner le réticule à travers la glace sans tain.

Je mesurais la double déviation δ du spectre du second ordre, qui était très-brillant et très-pur, laquelle satisfait à la formule

$$\frac{a}{2}\sin\delta = \lambda.$$

Voici le résumé des observations :

	2δ	λ (Angström)	$\log\left(\frac{\lambda}{\sin\delta} = \frac{a}{2}\right)$
Raie C.	40°.50′.48″	656,20	3,27428
Raie D (plus réfrangible).	36.30. 3	588,89	3,27425
Raie b_1 (isolée)	31.59.54	519,30	3,27426
Raie F.	29.57.30	486,06	3,27430
Raie du fer	26.57.12	438,26	3,27426
Raie du fer	25.58.24	422,63	3,27431
		Moyenne.	3,27428

$$\log\frac{a}{2} = 3{,}27428,$$

$$\frac{a}{2} = 1880{,}5 \text{ millionièmes de millimètre.}$$

La mesure directe m'avait donné 0,001881.

La moyenne du logarithme de $\frac{a}{2}$ est le facteur qui a servi ultérieurement à tous les calculs pour déduire les longueurs d'onde des déviations observées optiquement ou chimiquement.

Il reste à dire quelques mots du mode de calcul employé pour la réduction des clichés. Chacun de ces clichés porte un numéro particulier, qui correspond sur le carnet d'expériences aux déviations des deux repères tracés photographiquement, suivant la méthode décrite plus haut.

Voici, par exemple, le calcul de la longueur d'onde de la raie G (λ=430,72 Angström), d'après le cliché X_0.

	Azimut des repères.	Azimut de la déviation.
Cliché X_0.....	$90°+20'$ $90°-20'$	$75°45'$;

d'où l'on conclut que les repères correspondent aux déviations $\begin{cases} 13°35' \\ 12°55' \end{cases}$ (la confusion entre les deux n'est pas possible, car on sait, d'après la position du cliché sur le goniomètre, le sens des déviations croissantes). Les longueurs d'onde qui correspondent à ces repères sont 441,66 et 420,36, en appliquant la formule $\frac{a}{2}\sin\delta=\lambda$.

Le cliché a été placé sur le chariot du microscope et avec la vis micrométrique on a amené successivement les raies les plus importantes ainsi que les deux repères : la mesure a été répétée en tournant la vis en sens inverse. La moyenne des deux pointés a donné :

Premier repère. .	37,622		$\lambda = 420,36$
		Diff. 4,921	
Raie G.	42,543		x
		Diff. 5,106	
Deuxième repère.	47,649		441,66
	Diff. des repères	10,027	Diff. 21,30

Le cliché correspondant à 13 degrés de déviation moyenne et ayant une étendue de 40 minutes, on peut admettre que dans ce petit intervalle les longueurs d'onde varient proportionnellement aux distances des repères : d'où l'on conclut la proportion qui donne la longueur d'onde par la raie G,

$$\frac{x - 420,36}{21,30} = \frac{4,921}{10,027}, \quad x = 430,81.$$

Il y a toutefois une petite correction à faire si l'on veut rapporter ces nombres à ceux qu'on obtient optiquement; en effet, dans ce mode opératoire, on n'observe la déviation que d'un seul côté et d'une manière dissymétrique : on peut donc craindre une petite erreur constante provenant à la fois de cette cause et de la différence des modes d'observation. C'est ce que j'ai aperçu en déterminant successivement la longueur d'onde des mêmes raies par le procédé optique et le procédé photographique : la région violette autour de la raie G se prête très-bien à ces mesures. La correction est d'ailleurs très-faible et sensiblement constante; sa valeur moyenne est de —0,10 ou $^1/_{4000}$ en valeur absolue. Les valeurs corrigées sont données dans le tableau suivant, sous le nom de *valeurs définitives.*

Tableau des déterminations optiques et photographiques des longueurs d'onde du spectre solaire.

VISION DIRECTE	RELEVÉ DES CLICHÉS X_0, X_1, X_2, X_3, X'_4, X'_5.					D'APRÈS ANGSTRÖM		VALEURS DÉFINITIV.
C 656,20						C 656,20		
$D_1$588,92						$D_1$588,89		
b_1 518,32	X_0					b_1 518,30		
F 486,05						F 486,06		
» 438,26	438,37	X_1				438,26		
G »	430,81					G 430,72		
» 422,60	422,73	422,71	X_2			» 422,63		
		414,38						
		»	411,91					411,81
		h 410,04	410,20			*h* 410,12		*h* 410,10
			407,21			407,10		407,11
	D'APRÈS MASCART		406,39			406,29		406,29
			404,61			404,50		404,51
			403,09			402,93		402,99
			400,54			400,46		400,44
			398,71	X_3		398,80		398,61
	H 396,72	H_1 ou H 396,86				$H_1$396,82		H 396,76
	»		395,31	395,33		395,15		395,20
	»	H_2 ou K 393,39		»		$H_2$393,30		K 393,29
	»		392,31	392,35				392,21
	»		390,58	»				390,48
	»		389,57	389,60				389,47
	»			387,87				387,74
	»			386,06				389,93
	»			$b'_1$383,88 *				383,75
	L 381,90			L 382,09				L 381,96
	»			380,77	X'_4			380,64
	»			378,66				378,53
	»			376,46		376,47		376,33
	»			374,65		374,64		374,52
	M 372,88			M 372,81		372,82		M 372,68
	»					370,67		370,54
	»					368,84		368,71
	»					366,75		369,62
	»					364,83		364,70
	»					363,21		363,08
	»					361,93	X'_5	361,80
	»					360,95		360,82
	N 358,02					N 358,18	358,15	N 358,05
	»						355,73	355,63
	»						352,67	352,57
	»						349,78	349,68
	O 344,01						O 344,07	O 343,97
	P 336,02						P 337,08	P 336,98

* Raie du magnésium correspondant à b_1 du spectre visible.

Ce tableau renferme les résultats déduits directement de chacun des clichés X_0, X_1, X_2, X_3, X'_4, X'_5 [1]. Les clichés successifs offrant toujours deux à deux une partie commune, le *raccordement* s'effectue sans aucune confusion : on remarquera à ce propos la concordance remarquable des déterminations communes.

On a rapporté la série des raies observées optiquement : deux d'entre elles sont communes au cliché X_0 et donnent la valeur approchée de la correction ; cette correction est donnée d'une manière plus complète par la comparaison des nombres d'Angström (qui s'accordent complétement avec les résultats optiques, d'après ce qui a été dit plus haut) avec ceux déduits des clichés jusqu'à la raie K (ou H_2 de la planche d'Angström).

Telles sont les opérations fondamentales qui m'ont permis de déterminer les longueurs d'onde de toutes les autres raies, au nombre d'environ 650.

On remarquera, pour la partie ultra-violette, l'accord qui existe entre mes déterminations et celles que M. Mascart a faites des raies H, K, L, M, N, O, P. J'ai adopté d'ailleurs les mêmes notations pour les raies.

Tracé de la Planche.

Pour réunir sur un dessin toutes les raies observées, j'ai commencé par tracer à la machine à diviser une échelle millimétrique sur une feuille de carton de Bristol ; un premier canevas de raies a été tracé avec les 36 raies

[1] Ces clichés ont été obtenus à Paris le 5 mai 1871, à l'exception du dernier, qui l'a été le 7 : il est bon de fixer la date de ces épreuves, depuis que les physiciens et les astronomes soupçonnent quelque variation lente dans la constitution solaire.

du tableau précédent, dont les longueurs d'onde ont été déterminées directement. L'échelle adoptée est la même que celle d'Angström, à savoir 1 centimètre pour un millionième de millimètre; les raies intermédiaires ont été obtenues par interpolation, d'après les clichés des spectres prismatiques, dont la finesse est supérieure à celle des spectres de réseaux.

J'avais commencé à relever au micromètre les raies des clichés de ces spectres fournis par les prismes, mais j'y ai bien vite renoncé pour deux motifs : le premier, c'est que le nombre des raies est si grand qu'on ne sait plus sur le carnet d'expérience comment les désigner sans les confondre et sans faire d'erreurs de pointés ; le second, c'est que tout ce travail ne servirait qu'à donner une exactitude illusoire, puisqu'on peut à peine compter sur une approximation de 0,05 dans la mesure absolue des longueurs d'onde, c'est-à-dire un demi-millimètre sur le tracé graphique.

J'ai pensé qu'il valait bien mieux porter tout le soin vers la reproduction de l'*aspect* ou *effet* de chaque groupe de raies plutôt que sur la position absolue de chacune d'elles : en un mot, qu'une erreur dans les intervalles relatifs d'un groupe était beaucoup plus préjudiciable qu'un déplacement égal du groupe tout entier. J'ai donc choisi un moyen de relevé qui permît d'avoir toujours une vue d'ensemble sur les groupes : c'est ce que donne l'emploi de la chambre claire décrite plus haut.

Les clichés obtenus avec un prisme de flint assez dispersif ont été amplifiés environ 75 fois et les dessins raccordés très-exactement sur la même épure, dont le développement atteignait trois mètres depuis la raie *h* jusqu'à

O. Sur cet énorme spectre [1], où les raies les plus fines et les plus serrées ont été reproduites, j'ai commencé par un premier travail de mise à l'*effet* des groupes, soit en forçant la couleur de l'encre, soit en employant le lavis pour représenter les raies estompées ou les régions à fond plus sombre : pour me guider, les positifs amplifiés étaient d'un grand secours.

A l'aide de ce premier dessin, sur lequel les raies étaient rangées suivant la dispersion prismatique, j'ai pu, avec un simple compas de proportion, exécuter une véritable interpolation graphique entre les 36 raies fondamentales. L'échelle de proportion variait progressivement d'un intervalle à l'autre; mais la distance des raies fondamentales avait été choisie de manière que dans aucun cas l'erreur due à l'emploi du compas ne s'élevât à $^2/_{10}$ de millimètre. Une courbe empirique avait d'ailleurs été construite pour bien se rendre compte de cette variation, et une échelle particulière tracée sur le compas de proportion facilitait beaucoup cette opération graphique.

La partie la plus réfrangible du spectre entre N et O a été relevée surtout à l'aide de clichés obtenus avec le réseau et le prisme de spath d'Islande; l'absorption du prisme de flint était trop considérable pour que les détails fussent suffisamment nets [2].

[1] La distance des deux raies H (nommées H et K) était d'environ 12 centimètres.

[2] L'aspect des groupes a été copié sur des clichés obtenus avec un prisme de flint, en mai et juin 1871 pour la plus grande partie du spectre : la partie la plus réfrangible a été revue sur des clichés obtenus avec un prisme de spath d'Islande (rayon ordinaire) en mai 1872. Je crois utile de fixer ces dates, afin de permettre plus tard de reconnaître les *changements d'aspect* des groupes, suivant les phases de l'activité solaire. Ces changements sont déjà visibles lorsque l'on com-

En somme, la Planche qui résume ce travail peut être considérée comme formant suite aux Planches du mémoire d'Angström : j'ai adopté les mêmes conventions et déduit de ses nombres la constante de mon réseau. La finesse des détails me paraît être au moins du même ordre dans l'ensemble du spectre : elle est même beaucoup plus grande pour les environs des raies *h*, H; mais cela n'a rien qui doive étonner, car l'œil arrive à la limite de sensibilité dans cette région, tandis que le collodion iodobromé est, au contraire, extrêmement sensible pour ces radiations.

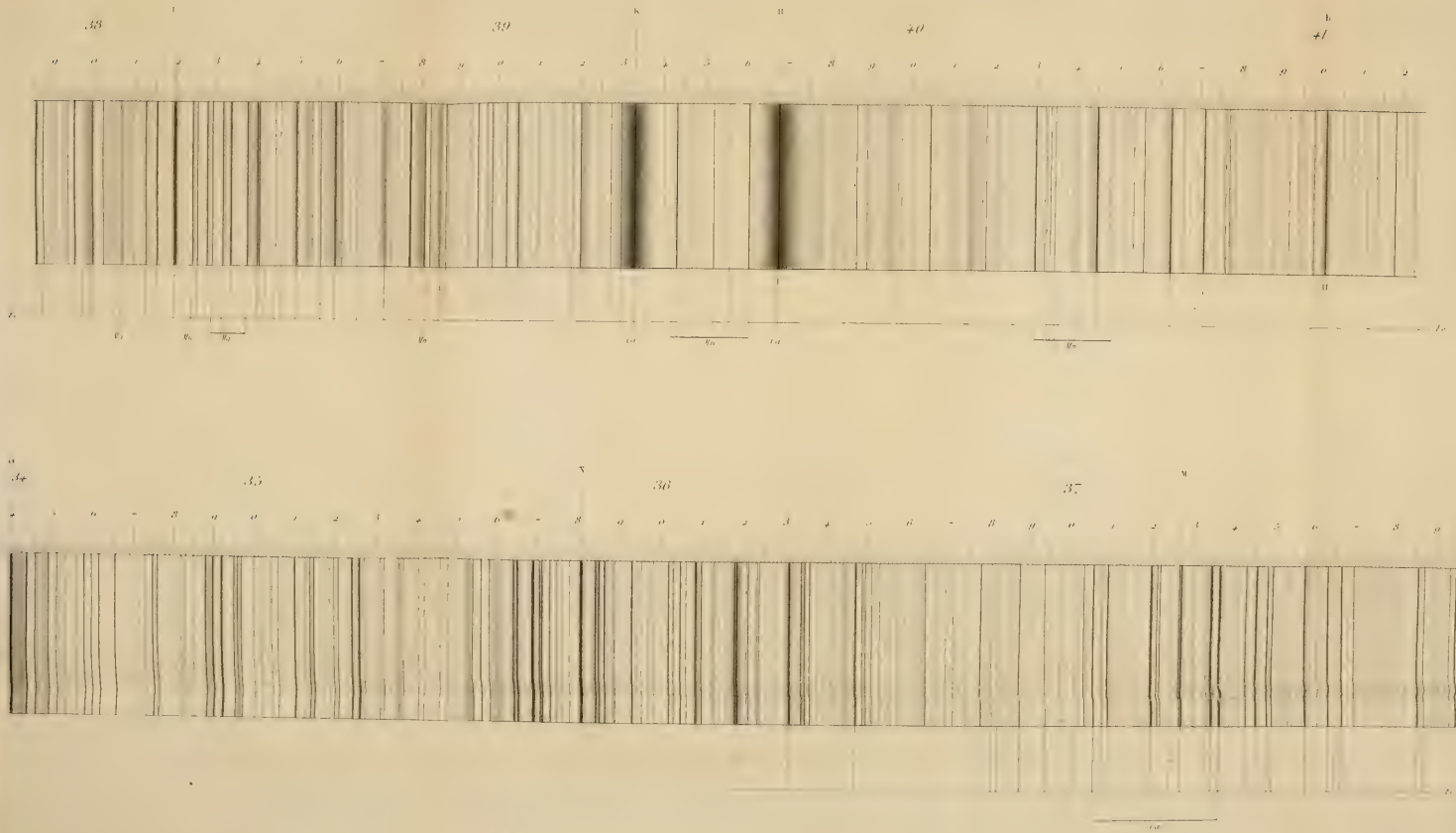
Enfin, comme erreur probable dans la position des raies par rapport aux repères, je ne crois pas que le dessin atteigne 0,03, c'est-à-dire un tiers de millimètre; en valeur absolue, ces repères ou raies fondamentales ne doivent pas s'écarter de 0,10 de leur vraie valeur.

pare les Planches de Kirchhoff avec celles d'Angström et avec l'apparence actuelle du spectre solaire. Comme exemple de ces changements, je citerai l'existence de deux *raies ou plages brillantes*, figurées sur la Planche par deux petits cercles ($\lambda = 388,15$, $\lambda' = 388,55$) très-visibles sur les clichés de 1871, qui sont beaucoup moins apparentes sur les clichés de 1872.

Par Mr L. C.

40

Spectre normal du Soleil (Portion ultra-violette), par M. A. Cornu



Dudez, lith. rue de l'Hôtel Colbert 10 Paris

Gauthier-Villars, Libraire Editeur, à Paris

Lemercier et Dulac sc.

SUR LES

AVANTAGES OBTENUS PAR DES PLANTATIONS D'ARBRES

DANS

L'ILE DE L'ASCENSION

ET

AU CAP DE BONNE-ESPÉRANCE

Depuis longtemps les hommes éclairés recommandent de planter des arbres dans les pays où l'on souffre de la sécheresse, surtout dans les régions élevées et sur la pente des montagnes, afin de diminuer le trop rapide écoulement des eaux. Ces conseils sont très-judicieux, mais ils ne s'appuient pas toujours sur des faits constatés et, en particulier, l'espoir de déterminer une augmentation des pluies par la présence d'arbres au lieu de gazon ou de rochers dénudés, n'est guère fondé sur l'expérience. Nous voyons en Suisse des sommités dépourvues d'arbres, comme le Rigi et le Pilate, se couvrir fréquemment de nuages, et quand on réside sur ces hauteurs on constate aisément que les nuages mouillent complétement la surface du sol. La chute d'eau serait-elle plus grande s'il y avait des arbres ? Personne ne peut l'affirmer, du moins d'après des comparaisons positives. Le terrain resterait plus longtemps humide, grâce à une moindre évaporation. Ceci est prouvé par l'état des routes là où il existe des arbres et par les inconvénients qu'offre l'humidité dans les habitations qui sont situées à

l'ombre. Dans ces sortes de questions rien ne vaut l'expérience. Aussi, comme il y a très-peu de résultats bien constatés dans des pays chauds et secs, nous nous empressons de signaler deux articles contenus dans l'excellent journal du *Gardener's Chronicle*, dirigé par M. le docteur Masters.

Le premier et le plus important de ces articles est sur l'île de l'Ascension (*Garden Chron.*, 11 avril 1874).

On sait quelle était l'aridité de cette île, volcan éteint, probablement depuis une date peu ancienne, puisque sa flore était d'une pauvreté extraordinaire. Le gazon maigre qui couvrait à peine les pentes n'offrait naguère aux botanistes qu'une seule espèce ligneuse, un petit sous-arbrisseau, appelé *Hedyotis Ascensionis*. La végétation indigène, dans sa totalité, ne comptait guère que seize espèces Phanérogames [1]. L'eau manquait si habituellement et la culture était si difficile que le gouvernement anglais ne pouvait entretenir une station, nécessaire à sa marine, qu'avec beaucoup de peine. Heureusement, il écouta les avis réitérés des botanistes, en particulier du docteur Lindley et du docteur Hooker, qui conseillaient de planter des arbres. Ce fut le docteur Lindley qui recommanda un jardinier habile, nommé J.-C. Bell, pour exécuter des plantations, et maintenant que celles-ci ont parfaitement réussi, nous allons traduire une partie de la lettre adressée au *Gardener's Chronicle*, par l'estimable M. Bell lui-même, qui s'est retiré en Angleterre, près de Bath.

« Les plantations arborescentes étaient, dit-il, extrêmement peu de chose lorsque j'arrivai dans l'île comme jardinier, et la quantité d'eau était minime, quoique l'on

[1] Dumont d'Urville, Ann. sc. nat., sér. I, vol. 6, et Voyage de l'*Astrolabe*, p. LII.

vît des nuages chargés de vapeurs et des brouillards passer continuellement sur la montagne. Il n'était pas rare aussi de voir des nuages au-dessous du sommet, à une élévation de 2,800 pieds. La montagne est un pain de sucre dont la base a 7 milles et le sommet principal seulement 8 pieds de large. Les nuages et brouillards n'y déposaient pas d'humidité en passant, parce qu'il n'y avait pas de végétation ligneuse pour servir d'appareil de condensation. Le gouverneur, qui désirait beaucoup avoir plus d'eau et étendre les cultures, ayant lu un rapport du docteur Hooker, mit à ma disposition des ouvriers nègres pour opérer des plantations. Je commençai par ouvrir des trous sur la pente, et aussitôt se présenta la question de savoir quelles essences je planterais. Aucune pépinière n'existait dans l'île, mais, heureusement, on avait reçu, je ne sais d'où, quelques années auparavant, de jeunes arbres destinés à être plantés. C'était surtout des *Acacia* et *Eucalyptus* de la Nouvelle-Hollande, qui avaient de 10 à 20 pieds de haut. Je me décidai à les essayer. Les *Acacia* réussirent très-bien et commencèrent à produire leur effet, comme je vais l'expliquer.

« Un grand buisson d'*Acacia* de 14 pieds avait beaucoup de branches crochues, dont une en forme de V. J'avais à peine planté cet arbre et m'occupais un matin à suivre les travaux des ouvriers, lorsque, pendant un brouillard épais, je vis couler de l'angle de cette branche en V, du côté du sol, une certaine quantité d'eau. Il n'y avait pas eu de pluie pendant la nuit, mais seulement un brouillard épais. Ceci me prouva que les plantations faites dans le but d'attirer les brouillards et les vapeurs n'étaient pas une théorie, mais un fait réel d'une utilité incontestable dans de pareilles conditions.

« A cette époque, on avait introduit des faisans qui se multipliaient lentement. Il fallait leur trouver de l'eau, et on avait une peine infinie. Lorsque j'observai le liquide coulant de mon acacia : Voilà de l'eau pour les faisans, me dis-je en moi-même, j'aurais des baquets pour recevoir ce liquide distillé des brouillards. Le gouverneur me permit de faire confectionner des caisses en zinc de six pieds de longueur, six à huit pouces de largeur et trois ou quatre pouces de profondeur. Elles furent placées de diverses manières au-dessous des acacias nouvellement plantés. Celui qui était sous la branche coudée se remplit immédiatement et devint très-utile pour les hommes et les oiseaux, car il se remplissait constamment. Il valait la peine de monter jusqu'à mille et quelques pieds pour boire cette excellente eau des brouillards. Les faisans multiplièrent et j'eus le plaisir d'annoncer qu'on pourrait en faire une bonne chasse, ce qui arriva effectivement.

« Après cela, des demandes d'arbres et de graines furent adressées aux jardins botaniques du Cap, de Maurice et de Kew, afin de profiter des vaisseaux qui passent à l'Ascension. Je me mis aussi à multiplier les plantes que j'avais sous la main. En particulier, je divisai des racines d'*Alpinia nutans*, qui croissaient vigoureusement dans quelques endroits. Les *Brugmansia suaveolens*, *Buddleia globosa* et plusieurs *Hibiscus* donnèrent d'excellentes boutures. »

L'auteur parle des difficultés qu'il eut à surmonter pour propager le *Wattle* d'Australie (*australian Wattle*), qui donna cependant d'excellents résultats[1], surtout

[1] Nous ne trouvons pas le mot *Wattle* dans les dictionnaires anglais. D'après Lindley, *Vegetable*, *Kingdom*, il s'emploie en Australie pour différents *Acacia*, et c'est probablement dans ce sens qu'il est employé ici. Une désignation dans le langage universel, botanique, aurait mieux valu.

comme « pionnier » dans les terrains de scories. Le Loquat (*Eriobothria japonica*), la Goyave (*Psidium*) et le Cassis donnèrent des fruits et des graines en abondance. Il fut aisé de les semer, ainsi que les jolies graines de la graminée appelée *Coix lacryma*, dans les ravins et les endroits un peu abrités. Les bestiaux étaient très-avides de cette plante fourragère. Un *Ficus elastica* se trouvait dans l'île et donna une centaine de boutures. Enfin, le *Melia Azedarach* fut utilisé et causa beaucoup d'agrément par la beauté de ses fleurs et leur parfum.

« Alors, dit M. Bell, nous commençâmes à recevoir ce que nous avions demandé. Les plantes et les graines arrivaient de tous côtés. Quelques-unes réussirent, d'autres manquèrent. Les espèces strictement tropicales de Maurice ne convinrent pas, non plus que celles à feuilles caduques envoyées de Kew. L'*Araucaria Bidwillii*, de ce dernier établissement, fut une acquisition capitale. Les meilleurs cadeaux furent des graines d'*Eucalyptus*, *Casuarina* et *Acacia* d'Australie. J'en obtins une grande quantité de pieds, qui furent transplantés et commencèrent vite à pousser avec une force extraordinaire. Les arbustes d'Australie prirent les devants. Ils paraissaient avoir une grande force d'attraction sur les brouillards et condensaient beaucoup de liquide. Toutes les fois que le ciel était un peu nuageux, ils se chargaient d'humidité et entretenaient le sol dans un état de saturation, tandis que les feuilles plus larges des *Ficus elastica*, *Brugmansia suaveolens*, *Alpinia*, *Hibiscus*, etc., restaient sèches dans les mêmes conditions. Un caractère propre à ces arbres d'Australie est que les feuilles sont presque toujours verticales, relativement aux rayons du soleil. C'est à cela qu'on peut attribuer, en grande partie, leur réussite dans

des positions où d'autres plantes vont mal. Les palmiers n'eurent pas beaucoup de succès, notamment le dattier, mais quelques espèces de pins et le genévrier de Virginie réussirent à une grande élévation et se trouvèrent condenser beaucoup d'eau.

« J'ai la satisfaction, continue l'auteur, de pouvoir ajouter, qu'après un laps de huit années, mon travail fut reconnu utile. Au mois de juin dernier, l'un de mes employés me succéda, et au mois d'août il m'a écrit qu'il était dans l'admiration du changement qui s'est fait dans l'apparence générale de la montagne, les arbres et arbustes ayant crû énormément, avec le *Wattle* toujours à l'avant-garde. Quand on monte, il semble, dit-il, que la végétation vient au-devant de vous, et il y a des pâturages pour les moutons et les bestiaux, qui étaient inconnus autrefois. Quelques étendues stériles, de plusieurs ares, où j'avais planté de l'herbe de Para [1], sont maintenant un pré où l'on fait brouter les moutons. Ces endroits étaient d'un accès si difficile qu'il m'avait fallu couper des carrés de trois pouces dans le jardin et les faire porter dans des sacs sur la tête des ouvriers nègres. Nous avons propagé ainsi cet excellent fourrage. De petits oiseaux, que nous avions achetés jadis sur un vaisseau de passage, en particulier des moineaux de Java, volent maintenant par troupes, tant ils se sont multipliés. »

Voici maintenant une expérience que nous lisons dans le *Gardener's Chronicle* du 28 février 1874, sur l'évaporation près ou loin des arbres. Elle nous paraît intéressante, parce qu'elle a été faite dans un pays très-chaud et très-aride : le cap de Bonne-Espérance.

[1] Nous avons cherché inutilement dans plus de trente dictionnaires, ouvrages sur les graminées et flores de l'Amérique méridionale ou catalogues de jardins des colonies ce que veut dire ce terme.

M. W.-L. Blore, secrétaire de la Société météorologique de l'Afrique australe, résidant à huit milles de la ville du Cap, a placé dans le sol deux jarres cylindriques, de même grandeur, enfoncées de quatre pouces et faisant saillie, par le haut, d'un pouce, avec l'orifice protégé par un treillis métallique contre la chute des insectes. Une des jarres était abritée en partie par des buissons; l'autre était au milieu d'un terrain nouvellement labouré, de 60 pieds de diamètre, entouré de *Protea mellifera* d'une grande hauteur et protégé à distance contre le vent dominant par une ceinture de pins. Chaque jarre contenait 20 onces d'eau le 31 janvier, à dix heures du matin, et le 5 février, à cinq heures après midi, celle qui était dans le terrain nu avait évaporé le double de l'autre. L'expérience a été ensuite répétée avec des résultats également concluants. D'après ces chiffres, un espace un peu abrité, au Cap de Bonne-Espérance, pendant 102 jours que dure la saison chaude, conserve 384,000 galons d'eau par acre (16,445 hectolitres par 40 ares) de plus qu'un terrain non abrité du soleil, mais cependant moins exposé aux vents desséchants que beaucoup d'autres dans le pays. Le même observateur a constaté que, dans le même endroit, près du Cap, il se dépose deux fois plus de rosée sur le gazon que sur une surface blanche. Le rapport est de 4,75 à 2.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

A. Cornu. — Sur la diffraction, propriétés focales des réseaux[1]. (*Comptes rendus*, 1875, 8 et 15 mars).

A l'occasion de la Communication très-intéressante de M. Soret, je demanderai à l'Académie la permission de résumer quelques recherches conduisant à des résultats analogues, mais plus généraux, et confirmant en ce qu'ils ont de commun ceux du savant professeur de Genève.

Le point de départ de mes études est la recherche de la cause d'un phénomène particulier que présentent souvent les réseaux utilisés en optique pour la mesure des longueurs d'onde lumineuses. On sait qu'un faisceau de rayons parallèles tombant normalement sur un réseau donne, outre le faisceau prolongé, une série de faisceaux déviés suivant les angles dont les sinus varient comme les multiples de la longueur d'onde lumineuse. Ces faisceaux observés au foyer d'une lunette donnent les spectres de divers ordres, et même les raies si le réseau est suffisamment parfait.

La théorie indique que les faisceaux ainsi diffractés doivent être composés de rayons parallèles. Or il arrive que des réseaux en apparence très-réguliers, définissant les raies avec une netteté parfaite, présentent, ainsi que l'a observé et décrit M. Mascart, la singularité suivante : les spectres de di-

[1] Nous reproduisons textuellement cette note à laquelle il a été fait allusion dans le Mémoire de M. Soret sur les réseaux circulaires, insérée dans notre précédent numéro.

vers ordres, déviés d'un côté du faisceau central, sont formés par des faisceaux convergents et ceux qui sont déviés du côté opposé par des faisceaux divergents. Ayant entrepris un long travail sur le spectre ultraviolet, je me préoccupai de cette cause d'erreur, craignant qu'elle ne constituât un motif sérieux pour rejeter les réseaux dans la mesure des longueurs d'onde : heureusement, comme on va le voir, il n'en est rien.

Après avoir cherché inutilement la cause de ce phénomène dans diverses imperfections des traits des réseaux, je fus amené par une observation fortuite à la véritable explication : une épreuve photographique d'anneaux colorés, obtenue dans mes expériences sur l'étude optique de l'élasticité, avait été laissée par hasard près du porte-lumière d'une chambre obscure; la réflexion de la lumière du dehors me fit apercevoir sur les anneaux hyperboliques des irisations particulières, dont le maximum de netteté paraissait en dehors du plan de la surface striée. J'en conclus immédiatement la formation d'un foyer réel par diffraction avec dispersion des couleurs.

Je fus conduit à me poser et à résoudre le problème que voici :

Suivant quelle loi doit-on répartir les traits d'un réseau pour que les ondes cylindriques émanées d'une ligne lumineuse parallèle aux traits et diffractées par chacun d'eux soient concordantes suivant une même droite également parallèle aux traits du réseau?

Considérons une section par un plan perpendiculaire aux traits du réseau et des lignes lumineuses, pour ramener la question à la Géométrie plane, et supposons, pour simplifier la démonstration, que la source F′ et le foyer F soient sur une même perpendiculaire FOF′ au plan du réseau. Appelons $x_0, x_1, \ldots, x_n, x_{n+1}$ la distance de chacun des traits $T_0, T_1, \ldots, T_{n+1}$ au pied O de la perpendiculaire FOF′. Soient δ_n l'angle OFT_n et δ'_n l'angle $OF'T_n$; la condition de concordance au point F consiste en ce que les chemins $F'T_nF$ et $F'T_{n+1}F$

diffèrent d'un nombre entier k positif ou négatif de longueurs d'onde. Cette différence comprend deux termes de même forme :

$(x_{n+1}-x_n)\sin\delta_n=\varepsilon$, $(x_{n+1}-x_n)\sin\delta'_n=\varepsilon$, avec $\varepsilon+\varepsilon'=k\lambda$, si les points F et F′ sont de part et d'autre du réseau.

D'autre part, la tangente trigonométrique de δ_n est égale au quotient de $\frac{1}{2}(x_{n+1}+x_n)$ par OF ou D; de même pour δ'_n,

$$(x_{n+1}+x_n)=2\,\mathrm{D}\tang\delta_n,\quad x_{n+1}+x_n=2\,\mathrm{D}'\tang\delta'_n.$$

Si les déviations δ_n, δ'_n sont assez petites pour qu'on puisse négliger la différence de leurs cosinus avec l'unité, on aura, en éliminant les δ,

$$(x_{n+1}^2-x_n^2)\left(\frac{1}{\mathrm{D}}+\frac{1}{\mathrm{D}'}\right)=2k\lambda.$$

La condition cherchée est donc que la différence des carrés des distances des traits à la droite FF′ soit constante.

Cette loi de répartition des traits consécutifs est précisément celle des diamètres ou des rayons consécutifs x_{n+1}, x_n des anneaux colorés formés par une surface de rayon R sur un plan (ou par deux surfaces convenablement choisies), à l'aide d'une lumière monochromatique de longueur d'onde quelconque λ',

$$x_{n+1}^2-x_n^2=\mathrm{R}\lambda'.$$

Cette coïncidence dans la loi de distribution des traits et des anneaux explique le phénomène que j'ai observé sur une épreuve photographique.

L'identification des deux équations conduit à la formule

$$\frac{1}{\mathrm{D}}+\frac{1}{\mathrm{D}'}=\frac{2}{\mathrm{R}}k\frac{\lambda}{\lambda'},\ \text{identique à}\ \frac{1}{p}+\frac{1}{p'}=\frac{1}{f},$$

formule classique des lentilles.

Cette démonstration s'applique évidemment au cas d'une onde sphérique et de traits circulaires, et au cas où la ligne joignant la source lumineuse et le foyer serait très-légèrement oblique sur le plan du réseau. On en conclut l'énoncé suivant :

Un réseau plan dont les traits rectilignes ou circulaires seraient distribués suivant la loi des diamètres des anneaux co-

lorés formés sous l'incidence normale, entre une surface plane et une surface cylindrique ou sphérique de rayon R, *jouit des propriétés d'une lentille cylindrique ou sphérique qui aurait une série de foyers principaux réels ou virtuels en ligne droite avec le centre des anneaux ; leurs distances au réseau sont des sous-multiples des nombres entiers positifs ou négatifs, correspondant aux ordres des spectres de diffraction. La distance focale principale de premier ordre, la plus grande de toutes, est pour la lumière simple de longueur d'onde* λ' *qui a produit les anneaux colorés, égale à la moitié du rayon* R ; *pour une lumière de longueur d'onde différente* λ, *elle est multipliée par le rapport de* λ' *à* λ.

Ce résultat comprend, comme cas particuliers, tous les cas étudiés par M. Soret; je n'insisterai donc pas sur les propriétés de ces systèmes optiques et les applications qu'on en peut tirer. Je me contenterai d'indiquer ici les conséquences relatives à l'emploi des réseaux proprement dits, tels qu'on les emploie pour la mesure des longueurs d'onde.

On remarquera, comme corollaire de ce théorème, que ces propriétés subsistent, même pour une portion incomplète du système de traits définis plus haut. C'est précisément le cas des réseaux usités en optique. Malgré tout le soin qu'on apporte à les construire, il arrive presque toujours que les traits, au lieu d'être équidistants, présentent, sur une portion plus ou moins considérable du réseau, des erreurs systématiques régulières. Je ne veux pas parler ici des variations périodiques qui constituent les défauts les plus ordinaires des réseaux imparfaits : elles proviennent généralement d'un défaut de la vis qui a servi à leur division, et causent un trouble qui empêche d'apercevoir les raies avec netteté. J'ai en vue les erreurs systématiques qui produisent un changement de foyer sans altérer la netteté des images; toute variation progressive et continue dans la loi de la distance des traits peut s'écrire sous l'une des deux formes

$$y_n = a + bn + cn^2 + \ldots, \quad n = \alpha + \beta y_n + \gamma y_n^2 + \ldots,$$

lesquelles sont équivalentes si les coefficients c et γ sont très-

petits, c'est-à-dire si les traits sont presque équidistants. Il est évident que la seconde peut être identifiée avec la condition analytique exprimée plus haut. Les mêmes conclusions s'appliquent entièrement à ce cas, et l'on trouve :

1° *Que les spectres de divers ordres ont des distances focales sous-multiples des nombres entiers*, 1, 2, 3,..., *k;*

2° *Que ces foyers sont en ligne droite avec le centre idéal du réseau;*

3° *Que ces foyers sont réels pour les valeurs positives de k, c'est-à-dire pour les spectres diffractés d'un côté du faisceau central, et virtuels pour les valeurs négatives, c'est-à-dire pour les spectres déviés du côté opposé.*

Malgré la simplicité de cette démonstration, j'ai tenu à faire des vérifications numériques. A cet effet, j'ai commencé par obtenir une épreuve photographique d'anneaux colorés formés entre une surface plane et la surface légèrement bombée d'une lame de quartz, par flexion sous un poids convenable; les anneaux, d'abord elliptiques, deviennent rectilignes avant de passer à la forme hyperbolique. On obtient ainsi des franges rectilignes disposées suivant la loi des anneaux. Deux petites épreuves obtenues sur glace ont donné le phénomène dans toute sa netteté, le produit $R\lambda' = 0^{mmq},49$ a été calculé par la mesure micrométrique des dix franges centrales, et la distance focale principale calculée par la formule $2fk\lambda = R\lambda'$ a donné pour la lumière de la soude ($\lambda' = 0^{mm},000588$) $f = 416$ millimètres; l'observation directe a donné 400 millimètres.

J'ai construit successivement trois réseaux, en calculant la position de chaque trait, qu'on traçait ensuite sur noir de fumée ou sur vernis, à l'aide d'une machine à diviser. A cet effet, j'ai réduit en tables la formule

$$y_n = 100\sqrt{1+\frac{n}{1000}},$$

qui donne pour $2f\lambda$ la valeur 10, d'où l'on conclut, en prenant pour λ la longueur d'onde de la lumière de la soude, $f = 8^m,503$.

Voici le résumé des mesures des distances focales des spectres des divers ordres obtenus avec ces trois réseaux, dont les distances des traits sont des multiples ou sous-multiples des nombres de la table. Ces distances focales ont été déduites des variations du tirage d'une bonne lunette employée à observer ces spectres. Ces observations remontent au mois de mai 1871.

		Spectres de gauche.		Spectres de droite.	
		1er ordre.	2me ordre.	1er ordre.	2me ordre.
			m	m	
N° 1.	Observé. . .	»	8,27	7,73	»
(100 traits).	Calculé . . .	»	8,50	8,50	»
N° 2.	Observé. . .	»	3,88	»	»
(200 traits).	Calculé . . .	»	4,25	»	»
N° 3.	Observé. . .	7,75	16,62	15,78	7,96
(100 traits).	Calculé . . .	8,50	17,00	17,00	8,50

J'aurais désiré attendre pour obtenir des vérifications plus précises et indiquer diverses autres applications de ce phénomène; j'ai préféré donner ces résultats, malgré leur imperfection, pour me réserver le droit de continuer ces recherches.

A. Winkelmann. Ueber das Wærmeleitungsvermoegen, etc. Sur la conductibilité calorique des liquides. (*Poggendorff's Annalen*, t. CLIII, p. 481.)

Les notions que nous possédons jusqu'ici sur la conductibilité des liquides sont rares et peu précises par suite des difficultés particulières que présente ce genre de recherches. M. Paalzow[1] a exécuté quelques mesures comparatives avec un certain nombre de liquides et concluait de ses résultats, qu'il ne considérait encore que comme approximatifs, que les liquides ne se rangent pas dans le même ordre par leurs conductibilités calorifiques et électriques. M. Guthrie[2] a repris ce sujet et a déterminé, à l'aide de son *diathermomètre*,

[1] *Archives*, 1869, tome XXXIV, p. 83.
[2] *Archives*, 1869, tome XXXV, p. 201.

la résistance calorifique de l'eau et de quelques liquides organiques, huiles, essences, etc. L'appareil dont s'est servi M. Winkelmann, et qui est semblable à celui que M. Stephan a employé pour la conductibilité de l'air, consiste en deux cylindres de laiton placés l'un dans l'autre, de façon à ce que la distance qui sépare leurs parois soit partout la même (2^{mm} à 5^{mm}) ; c'est dans cet intervalle qu'était introduit le liquide à étudier ; le cylindre intérieur formait le réservoir d'un thermomètre à air. Tout l'appareil ayant pris une température uniforme était plongé dans de la glace fondante, et, de la rapidité du refroidissement indiqué par le thermomètre à air, on concluait la conductibilité du liquide par une formule que nous n'avons pas à reproduire ici.

Les expériences se sont étendues à six liquides différents ; il a été trouvé pour leur pouvoir conducteur, rapporté à une couche d'un centimètre d'épaisseur et pour une seconde, les chiffres suivants :

Eau	0,001540
Solution de chlorure de sodium 33,333 %	0,002675
Solution de chlorure de potassium 20 %	0,001912
Alcool	0,001506
Sulfure de carbone	0,002003
Glycérine	0,000748

Il suit de là que les dissolutions salines conduiraient mieux la chaleur que l'eau, comme l'a trouvé M. Guthrie; M. Lundquist[1] et M. Paalzow étaient arrivés à un résultat opposé.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Abhandlungen der Schweizerischen palæontologischen Gesellschaft.—*Mémoires de la Société paléontologique suisse*, 1874, I.

La Société paléontologique suisse qui s'est constituée sous la direction de MM. Rutimeyer, de Loriol et Renevier

[1] *Upsala Universitets Arsskrift*, 1869.

pour continuer la publication des *Matériaux pour la Paléontologie suisse* de F.-J. Pictet, a fait paraître l'année dernière son premier volume. Celui-ci renferme le commencement d'une monographie des Pholadomyes par M. C. Mœsch, avec 26 planches d'une exécution remarquable, et une description de plantes fossiles de Sumatra par M. Heer, accompagnée de remarques sur les poissons fossiles de cette île, par M. Rutimeyer. Ce dernier mémoire, d'ailleurs court, n'a été admis que par exception, le but de la Société étant essentiellement de faire connaître les restes fossiles de notre pays et des régions immédiatement voisines. Cette publication, qui se fait dans les trois langues parlées en Suisse, le français, l'allemand et l'italien, sera d'une grande utilité et répond à un véritable besoin. Nous espérons qu'elle recevra à l'étranger, aussi bien qu'en Suisse, un bon accueil. Les cotisations étant entièrement employées à l'impression du volume annuel, plus les membres de la Société seront nombreux, plus le volume sera considérable[1].

Plusieurs mémoires sont en voie de publication. Le prochain volume contiendra la fin de la monographie des Pholadomyes, de M. Mœsch, la description des oursins tertiaires de la Suisse par M. de Loriol, et celle d'un *Dinotherium* du Jura par M. Bachmann. Des travaux de MM. de Loriol, Rutimeyer, Ph. de la Harpe et E. Favre sont en préparation.

BOTANIQUE.

Dr Masters. Analogie dévoilée par deux monstruosités.

Le docteur Masters, auteur de la *Vegetable Teratology*, a inséré dans le *Journal of Botany*, de mars 1875, le petit article suivant, qui mérite d'être traduit textuellement à cause de la singularité des faits.

« Il serait difficile de tracer la filiation entre le *Daucus Carota* et la *Scrophularia aquatica;* cependant j'ai eu der-

[1] La cotisation annuelle des membres de la Société est de 25 francs. On peut écrire à M. le professeur Rutimeyer à Bâle, à M. P. de Loriol à Frontenex près Genève, ou à M. le professeur Renevier à Lausanne.

nièrement l'occasion de constater l'unité cachée de structure commune à ces deux plantes, au moins dans certaines circonstances : 1. *Daucus Carota*, fleurs monstrueuses. — Calice libre, de cinq sépales distincts; pétales libres, au nombre de cinq; étamines 5, hypogynes, libres; carpelles 2, libres, foliacés, placés à droite et à gauche de l'axe; ovules avortés. Ceci, selon moi, peut se comparer à une pélorie régulière, sans pouvoir cependant être classé dans cette catégorie de formes. 2. *Scrophularia aquatica*, fleurs monstrueuses. — Calice libre, de cinq sépales distincts; pétales 5, libres, verdoyants; étamines 5, hypogynes, libres; carpelles 2, libres, foliacés, placés à droite et à gauche de l'axe; ovules avortés. Personne n'hésitera à classer cette dernière fleur en tête des pélories régulières, à cause de la couleur verte. Le diagramme de ces deux fleurs est absolument semblable. Je crois qu'on peut les expliquer toutes deux en supposant un arrêt de développement (non de croissance), par suite duquel certains changements qui arrivent d'ordinaire pendant la croissance n'ont pas eu lieu, d'où il est résulté que les deux fleurs ont conservé la disposition congénitale de leurs parties. Je n'ose pas aborder la pensée du temps qui a dû s'écouler pour qu'une ombellifère et une scrophulariacée se soient détachées d'un type commun. Je n'ai plus rien à dire, si ce n'est que ces échantillons m'ont été communiqués obligeamment par MM. Newbould et docteur Hogg. »

A côté de ces faits, qui sont la chose essentielle, nous nous permettrons de remarquer combien la science s'éloigne peu de certaines idées, malgré des changements apparents. On appelle aujourd'hui origine commune, démontrée par des dispositions d'organes semblables, ce que Gœthe, Geoffroy Saint-Hilaire, de Candolle, appelèrent autrefois type commun et unité de composition. La manière dont on rapproche les faits est la même, seulement la théorie actuelle de l'évolution fait tout reposer sur l'hérédité. Elle cherche à expliquer les types successifs par des causes naturelles, et en cela elle fait faire un pas à la science. ALPH. D. C.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AVRIL 1875.

Le 1er, forte bise tout le jour.

2, faible gelée blanche le matin, minimum +1°,7; forte bise tout le jour.

3, gelée blanche le matin, minimum —0°,9.

7, il a neigé jusqu'à la hauteur du village de Monetier entre les deux Salèves.

9, la pluie tombée ce matin était accompagnée de quelques flocons de neige.

11, gelée blanche le matin, minimum +0°,5.

13, bise violente depuis le matin à 7 heures jusqu'au lendemain à la même heure.

15 et 16, assez forte bise tout le jour.

17, gelée blanche le matin, minimum +0°,3.

18, faible gelée blanche le matin, minimum +0°,2.

19, rosée le matin.

20, idem.; hâle assez intense tout le jour, au point que le Jura est à peine visible.

24, forte rosée le matin; la bise se lève vers midi et souffle avec une assez grande intensité jusque dans la soirée du 26.

28, faible rosée le matin; halo solaire dans l'après-midi.

Ce mois est remarquable par la sécheresse de l'air, la fraction de saturation est descendue jusqu'à 12 et 11 %, et le minimum pour 8 jours de ce mois n'a pas atteint 25 %.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm
Le 1 à 8 h. matin	732,89
9 à 10 h. soir	723,92
11 à 8 h. et 10 h. matin	728,88
16 à 8 h. matin	731,16
20 à 8 h. matin	731,33
28 à 8 h. matin	730,26

MINIMUM.	mm
Le 7 à 2 h. après midi	714,89
10 à 8 h. matin	720,29
12 à 6 h. et 8 h. soir	719,03
18 à 4 h. après midi	726,97
22 à 4 h. après midi	721,83

GENÈVE. — AVRIL 1875.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm
1	732,23	+ 7,83	+ 6,57	— 0,19	+2,8	+10,9	4,71	—0,45	670	— 53	480	820	...	...	NNE. 2	0,31	6,5	— 0,8	79,5
2	731,81	+ 7,41	+ 6,17	— 0,73	+1,7	+10,3	4,72	—0,49	689	— 33	500	890	...	...	N. 2	0,18	6,8	— 0,6	78,5
3	729,43	+ 5,03	+ 7,77	+ 0,74	—0,9	+16,6	4,16	—1,10	661	— 60	280	930	...	...	SSO. 1	0,04	7,0	— 0,5	79,1
4	724,66	+ 0,26	+11,69	+ 4,52	+1,9	+19,1	4,12	—1,19	454	—267	200	800	...	...	SSO. 1	0,08	—	—	78,0
5	719,83	— 4,58	+10,24	+ 2,94	+4,0	+16,3	5,47	+0,12	608	—112	380	780	...	...	variable	0,59	7,7	+ 0,1	78,3
6	718,18	— 6,23	+ 9,12	+ 1,68	+6,9	+13,9	6,45	+1,05	772	+ 53	550	930	3,7	4	variable	0,78	7,4	— 0,3	79,5
7	716,19	— 8,22	+ 6,82	— 0,75	+4,4	+12,3	5,54	+0,09	778	+ 60	830	510	4,8	5	SSO. 2	0,87	6,9	— 0,9	79,3
8	717,44	— 6,97	+ 5,70	— 2,01	+0,9	+11,2	4,37	—1,13	671	— 47	350	910	0,6	2	SSO. 2	0,82	7,1	— 0,8	79,2
9	722,68	— 1,74	+ 5,12	— 2,73	+0,9	+10,1	5,07	—0,48	690	— 27	490	980	6,0	4	N. 1	0,47	7,0	— 0,9	81,6
10	721,95	— 2,47	+ 7,55	— 0,44	+5,2	+13,3	4,96	—0,64	663	— 53	470	690	...	...	variable	0,69	—	—	81,5
11	727,71	+ 3,29	+ 7,61	— 0,52	+0,5	+13,2	5,36	—0,29	696	— 19	450	910	...	...	N. 1	0,31	—	—	82,0
12	721,02	— 3,40	+10,66	+ 2,39	+5,3	+16,0	5,71	+0,02	620	— 94	390	800	...	...	variable	0,58	8,1	— 0,1	83,0
13	721,23	— 3,19	+10,09	+ 1,68	+6,7	+14,9	4,42	—1,32	516	—198	360	600	...	..	NE. 3	0,01	8,4	+ 0,1	83,7
14	728,48	+ 4,05	+ 5,26	— 3,29	+1,8	+10,8	3,61	—2,18	578	—135	340	700	...	...	NNE. 1	0,22	8,4	0,0	81,5
15	729,77	+ 5,34	+ 7,74	— 0,95	+2,4	+13,2	2,35	—3,49	355	—357	110	490	...	...	NNE. 2	0,02	8,3	— 0,1	83,4
16	730,41	+ 5,96	+ 6,62	— 2,20	+3,0	+11,2	4,10	—1,80	589	—123	420	680	...	...	N. 2	0,11	8,1	— 0,4	81,8
17	729,13	+ 4,66	+ 7,08	— 1,88	+0,3	+13,3	3,45	—2,52	507	—205	220	820	...	...	N. 1	0,00	8,4	— 0,2	84,0
18	728,05	+ 3,56	+ 8,36	— 0,74	+0,2	+15,0	4,33	—1,70	547	—165	340	820	...	...	variable	0,04	—	—	82,5
19	729,81	+ 5,31	+11,30	+ 2,06	+4,5	+18,2	4,64	—1,46	512	—200	230	810	...	...	N. 1	0,00	9,6	+ 0,8	82,6
20	730,56	+ 6,04	+12,61	+ 3,23	+3,6	+20,0	4,25	—1,91	444	—268	190	780	...	...	N. 1	0,00	9,6	+ 0,7	83,5
21	727,03	+ 2,49	+14,43	+ 4,90	+5,8	+21,2	4,30	—1,93	421	—291	120	760	...	..	SO. 2	0,00	9,5	+ 0,5	84,5
22	722,58	— 1,98	+ 8,26	— 1,41	+5,9	+15,7	6,17	—0,12	736	+ 24	440	910	7,0	8	SSO. 1	0,83	8,5	— 0,6	84,7
23	723,38	— 1,20	+ 8,87	— 0,94	+6,8	+13,1	7,26	+0,90	872	+160	650	990	3,8	5	NNE. 1	0,62	8,3	— 0,9	87,8
24	723,92	— 0,68	+ 9,35	— 0,60	+4,7	+14,0	6,65	+0,23	766	+ 54	560	890	...	...	NNE. 2	0,59	9,1	— 0,2	89,5
25	725,72	+ 1,10	+ 8,76	— 1,33	+6,0	+12,6	4,71	—1,78	588	—124	450	690	...	...	NNE. 2	0,32	—	—	91,0
26	727,40	+ 2,76	+ 9,09	— 1,15	+4,0	+15,0	3,78	—2,77	474	—238	270	580	...	...	NNE. 2	0,07	9,1	— 0,4	92,0
27	728,50	+ 3,85	+10,25	— 0,13	+1,7	+16,6	3,91	—2,71	464	—248	200	760	..	...	N. 1	0,31	9,6	+ 0,1	91,5
28	729,66	+ 4,99	+12,24	+ 1,72	+3,7	+19,4	4,23	—2,45	446	—266	230	810	...	...	N. 1	0,28	9,7	+ 0,1	92,4
29	729,11	+ 4,42	+12,93	+ 2,27	+5,7	+19,0	5,91	—0,84	559	—153	280	760	...	...	N. 1	0,04	9,9	+ 0,2	93,6
30	727,91	+ 3,20	+13,23	+ 2,42	+6,1	+21,1	6,95	+0,14	624	— 88	460	820	...	...	N. 1	0,00	11,6	+ 1,8	95,5

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1875.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	723,91	724,05	723,86	723,61	722,86	722,54	723,10	723,80	724,05
2e »	728,03	728,28	728,24	727,78	727,18	726,80	726,84	727,33	727,49
3e »	727,23	727,22	727,12	726,60	725,99	725,66	725,67	726,21	726,45
Mois	726,39	726,52	726,40	726,00	725,34	725,00	725,20	725,78	726,00
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 3,50	+ 6,19	+ 9,37	+10,91	+11,76	+12,02	+10,17	+ 8,35	+ 7,09
2e »	+ 3,70	+ 7,10	+ 9,03	+11,19	+12,93	+13,75	+12,91	+10,52	+ 8,71
3e »	+ 6,20	+10,05	+12,54	+14,39	+15,00	+15,02	+12,93	+11,66	+10,20
Mois	+ 4,46	+ 7,78	+10,32	+12,16	+13,23	+13,60	+12,03	+10,18	+ 8,66
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,95	5,17	5,17	4,94	4,95	4,68	4,99	5,10	5,12
2e »	4,36	4,60	4,12	4,26	3,90	3,74	4,04	4,83	4,59
3e »	5,55	5,73	5,38	5,12	5,19	5,07	5,29	5,88	5,72
Mois	4,95	5,17	4,89	4,78	4,68	4,50	4,77	5,27	5,14
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	838	732	596	526	491	467	554	630	686
2e »	733	604	481	433	355	327	370	512	540
3e »	778	626	502	435	435	434	462	590	621
Mois	783	654	526	465	427	409	462	577	616

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1re décade	+ 2,78	+13,40	0,48	+ 7,05	15,1	79,5
2e »	+ 2,83	+14,58	0,13	+ 8,61	—	82,8
3e »	+ 5,04	+16,77	0,31	+ 9,48	10,8	90,2
Mois	+ 3,55	+14,92	0,31	+ 8,42	25,9	84,2

Dans ce mois, l'air a été calme 2,6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,19 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 5°,9 E., et son intensité est égale à 44,33 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AVRIL 1875.

Le 1er, brouillard le soir.
5, brouillard tout le jour, neige depuis 2 h. après midi et dans la nuit suivante.
6, brouillard tout le jour, neige dans la matinée.
7, brouillard tout le jour, neige à plusieurs reprises.
9, neige depuis 8 h. soir et dans la nuit suivante.
10, neige et brouillard; une partie seulement de la neige tombée le 10 et dans la nuit précédente a pu être recueillie à cause de la violence du vent.
13, brouillard le matin et le soir.
14, brouillard le soir.
15, brouillard le matin et le soir.
16 et 17, ciel très-clair.
18, brouillard le matin.
19, 20, 21, ciel très-clair.
22, brouillard le soir.
23, brouillard le matin; la neige marquée le 23 est tombée dans la nuit du 22 au 23.
24, brouillard le soir.
25, brouillard le matin et le soir.
26, brouillard le matin.
27, 28, 29, 30, ciel très-clair.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à 4 h. après midi	566,02	Le 8 à 6 h. matin	552,86
11 à 8 h. soir	564,65	13 à 8 h. matin	557,76
20 à 8 h. soir	568,67	22 à 10 h. soir	558,65
29 à 10 h. soir	567,62		

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim			
1	565,49	+ 5,14	565,13	566,02	— 5,83	— 0,35	— 8,2	— 3,0	.....	.....	....	NE. 1	0,34
2	565,32	+ 4,92	565,15	565,63	— 4,66	+ 0,70	— 7,8	— 1,7	.....	.....	....	NE. 1	0,24
3	564.87	+ 4,41	564,42	565,22	— 2,67	+ 2,57	— 5,8	+ 2,6	.....	.....	....	NE. 1	0,10
4	562,91	+ 2,39	562,58	563,41	— 3,27	+ 1,85	— 6,8	+ 0,8	.....	.....	....	SO. 1	0,27
5	558,86	— 1,72	557,99	560,06	— 5,55	— 0,56	— 6,8	— 4,0	60	4,5.	....	SO. 2	0,98
6	556,36	— 4,28	556,13	556,57	— 4,12	+ 0,74	— 5,0	— 1,3	80	7,6.	....	SO. 1	0,99
7	553,65	— 7,06	553,02	555,00	— 5,63	— 0,89	— 7,7	— 2 7	50	4,8.	....	variable	0,97
8	553,63	— 7,15	552,86	555,17	— 6,97	— 2,36	—12,4	— 3,3	.....	.....	....	variable	0,48
9	558,04	— 2,81	555,44	560,05	— 6,45	— 1,97	— 8,4	— 2,4	60	5,4.	....	SO. 1	0,68
10	559,33	— 1,59	557,23	562,60	— 6,95	— 2,60	— 8,0	— 4,2	70	5,9.	....	SO. 2	0,92
11	564,18	+ 3,19	563,21	564,65	— 4,36	— 0,14	— 9,0	0,0	.....	.....	....	variable	0,48
12	561,16	+ 0,10	559,98	562,22	— 2,08	+ 2,01	— 4,6	+ 1,2	.....	.....	....	variable	0,78
13	558,49	— 2,65	557,76	559,93	— 2,83	+ 1,13	— 5,8	+ 0,8	.....	.....	....	NE. 2	0 58
14	561,96	+ 0,74	560,63	563,12	— 5,56	— 1,73	— 9,2	0,0	.....	.....	....	variable	0,51
15	562,54	+ 1,24	562,36	562,86	— 7,65	— 3,96	— 9,1	— 3,8	.....	.....	....	NE. 1	0,52
16	563,64	+ 2,26	562,66	564,26	— 6,47	— 2,92	—11,5	— 2,6	.....	.....	....	NE. 2	0,09
17	563,93	+ 2,47	563,60	564,14	— 3,44	— 0,03	— 6,1	+ 0,8	.....	.....	....	NE. 1	0,00
18	564,31	+ 2,77	563,70	564,99	— 3,15	+ 0,12	— 6,7	+ 2,0	.....	.....	....	SO. 1	0,38
19	566,14	+ 4,52	564,90	567,30	— 2,41	+ 0,72	— 6,6	+ 1,4	.....	.....	....	NE. 1	0,08
20	568,07	+ 6,36	567,29	568,67	+ 1,57	+ 4,56	— 3,5	+ 5,8	.....	.....	....	NE. 1	0,02
21	565,77	+ 3,97	564,67	566,79	+ 2,75	+ 5,60	— 1,9	+ 7,2	.....	.....	....	NE. 1	0,09
22	560,38	— 1,51	558,65	562,32	— 1,28	+ 1,43	— 3,0	+ 4,5	.....	.....	....	SO. 1	0,76
23	560,40	— 1,58	559,03	561,23	— 0,11	+ 2,46	— 2,7	+ 4,0	150	12,3.	....	NE. 1	0,63
24	561,22	— 0,85	560,93	561,65	+ 1,41	+ 3,84	— 3,6	+ 7,7	.....	.....	....	NE. 1	0,76
25	561,13	— 1·03	560,33	562,08	— 3,46	— 1,17	— 4,6	— 0,6	.....	.....	....	NE. 1	0.79
26	563,07	+ 0,82	561,69	564,31	— 3,67	— 1,53	— 6,8	— 0,3	.....	.....	....	NE. 1	0,20
27	565,42	+ 3,08	564,62	566,07	— 0,53	+ 1,46	— 3,9	+ 3,2	.....	.....	....	NE. 1	0,01
28	566,91	+ 4,48	566,14	567,46	— 0,66	+ 1,19	— 3,6	+ 3,4	.....	.....	....	NE. 1	0,03
29	566,88	+ 4,36	566,27	567,62	+ 0,42	+ 2,13	— 3,2	+ 4,1	.....	.....	....	NE. 2	0,12
30	567,35	+ 4,73	567,21	567,53	+ 3,56	+ 5,13	+ 0,6	+ 7,5	.....	.....	....	NE. 1	0,01

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1875.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	559,62	559,65	559,78	559,78	559,73	559,84	559,92	560,25	560,39
2e »	562,84	563,01	563,34	563,49	563,52	563,59	563,71	563,85	563,94
3e »	563,59	563,67	563,90	563,92	563,94	563,92	563,95	564,04	564,06
Mois	562,02	562,11	562,34	562,40	562,40	562,45	562,52	562,72	562,80
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	— 6,84	— 4,16	— 3,21	— 2,04	— 2,57	— 2,90	— 5,05	— 5,97	— 6,50
2e »	— 6,90	— 3,56	— 1,92	— 0,23	+ 0,18	— 0,63	— 2,57	— 4,49	— 4,97
3e »	— 3,03	— 0,55	+ 1,25	+ 3,31	+ 3,80	+ 2,84	+ 1,00	— 0,88	— 1,51
Mois	— 5,59	— 2,76	— 1,29	+ 0,35	+ 0,47	— 0,23	— 2,21	— 3,78	— 4,33

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade	— 7,69	— 1,92	0,60	28,2	320
2e »	— 7,21	+ 0,56	0,34	—	—
3e »	— 3,27	+ 4,07	0,34	12,3	150
Mois	— 6,06	+ 0,90	0,43	40,5	470

Dans ce mois, l'air a été calme 0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,81 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 34,07 sur 100.

* Voir la note du tableau

DES

FORCES PHYSICO-CHIMIQUES

ET

DE LEUR INTERPRÉTATION

DANS

LA PRODUCTION DES PHÉNOMÈNES NATURELS

PAR

M. BECQUEREL

1 vol. in-8o, avec atlas. Paris, 1875.

La physique et la chimie ont pour objet l'étude de phénomènes qui se produisent dans des circonstances connues et qui sont, par suite, susceptibles d'être reproduits à volonté dans les laboratoires. Il en est encore de même, jusqu'à un certain point, en ce qui concerne les grands phénomènes physiques de la nature inorganique, dont l'étude constitue la météorologie. Là encore les circonstances sont en général bien définies, et il a été possible de faire rentrer presque tous les faits de cet ordre dans les lois de la physique générale.

Par contre, les réactions chimiques qui ont lieu dans la nature sont beaucoup plus difficiles à interpréter. Il s'est passé autrefois, et il se passe encore aujourd'hui, dans la croûte terrestre une foule de réactions chimiques, donnant naissance à des produits qu'il n'a pas été possible, jusqu'ici, de réaliser artificiellement. Cette impuissance résulte de ce que nous ne connaissons que très-imparfai-

tement les circonstances nécessaires à l'accomplissement de ces réactions. Enfin, la complication des phénomènes et notre ignorance du mode d'action des forces qui entrent en jeu pour les produire, augmentent encore lorsqu'il s'agit des êtres organisés. Les réactions physico-chimiques qui constituent ou qui accompagnent les manifestations de la vie se passent, en effet, dans des organismes dont la structure diffère totalement des appareils de nos laboratoires. L'étude de ces réactions a donc exigé l'emploi d'une méthode spéciale. Il a fallu, avant de l'aborder avec chance de succès, créer, en quelque sorte, la chimie et la physique des espaces capillaires et des corps poreux, dont l'agencement divers forme les organismes vivants.

C'est précisément cette méthode nouvelle que fondait Dutrochet, lorsqu'il publiait, en 1826, les premiers résultats de ses recherches sur l'endosmose. Dès lors l'absorption des sucs nourriciers par les parois des cellules est rentrée dans la catégorie des phénomènes d'ordre purement physique, pouvant s'expliquer sans l'intervention d'une force spéciale inhérente aux êtres vivants.

Quant à la cause même de l'endosmose, elle est restée longtemps fort obscure. D'après Dutrochet, elle résidait principalement dans la différence de force ascensionnelle capillaire des deux liquides contenus dans l'endosmomètre. Il avait étudié la manière dont cette force ascensionnelle varie avec la densité de divers liquides, et l'énergie de l'endosmose s'était trouvée, en effet, le plus souvent proportionnelle à la capillarité de ces liquides. Il avait cependant rencontré certaines exceptions qui l'empêchèrent de considérer cette loi comme générale.

Poisson émit alors l'idée que l'endosmose devait être

la résultante de l'attraction capillaire du diaphragme et de l'affinité des deux liquides l'un pour l'autre ; mais Dutrochet fit remarquer que, dans ce cas, il ne devrait jamais se produire qu'un seul courant, tandis qu'il y en a en général deux dirigés en sens contraires.

D'autres physiciens ont cherché à expliquer l'endosmose par la différence de viscosité des liquides. Mais, suivant cette manière de voir, on est conduit à considérer certains liquides très-peu denses comme éminemment visqueux. C'est, en effet, le seul moyen de rendre compte du fait que l'endosmose a lieu de l'eau vers l'alcool. D'après Liebig, le changement de volume de deux liquides pouvant se mélanger et qui sont séparés par une membrane, provient de ce que ces liquides la mouillent inégalement, en raison de leur nature propre et suivant les substances qu'ils tiennent en solution. Il considère d'ailleurs cette faculté plus ou moins grande de mouiller les membranes comme une sorte d'attraction chimique, distincte de l'attraction capillaire invoquée par Poisson.

La théorie de Liebig était déjà sans doute un grand progrès, mais les recherches subséquentes de Graham sont venues jeter sur cette question un jour tout nouveau en montrant que c'est à la diffusion qu'appartient le rôle principal dans les phénomènes d'endosmose. On conçoit, en effet, que les variations des volumes relatifs de deux liquides, qui se mélangent au travers d'un diaphragme, doivent résulter, en majeure partie, de l'inégalité des pouvoirs diffusifs de ces liquides et des substances qu'ils renferment.

Les lois de la diffusion, telles que Graham les a établies, ainsi que la différence qu'il a signalée entre les corps colloïdes et les cristalloïdes, sont ainsi devenues le

fondement de toute théorie de la nutrition des tissus, surtout en ce qui concerne les végétaux, dont l'accroissement dépend presque uniquement de leur faculté de dialyser les substances contenues dans le sol.

Les diaphragmes et les conduits capillaires, en général, ne se bornent cependant pas à influer sur le mode de mélange des liquides qui les baignent. Ils sont, en outre, la cause d'une foule d'autres phénomènes physico-chimiques très-fréquents dans la nature. C'est là un sujet que M. Becquerel étudie depuis de longues années et auquel il a fait faire un progrès considérable par sa découverte des courants électro-capillaires. Ce savant vient de publier un nouvel ouvrage qui contient le résumé de toutes les connaissances acquises jusqu'ici sur le jeu des forces physiques et chimiques, soit dans la nature inorganique, soit chez les êtres organisés. Les premiers chapitres sont consacrés à la physique générale et contiennent beaucoup de faits et de rapprochements curieux. On y trouve, en particulier, l'exposé des recherches de M. Ed. Becquerel sur la phosphorescence ainsi que sur la reproduction photographique des couleurs du spectre solaire. Mais l'intérêt capital du livre réside certainement dans les chapitres relatifs aux actions électro-capillaires.

Dès 1833, M. Becquerel avait été conduit à formuler le principe suivant, dont il n'a cessé depuis lors de vérifier l'exactitude dans les circonstances les plus diverses.

« Quand deux liquides, dit-il, renfermant chacun en dissolution des substances différentes pouvant réagir chimiquement les unes sur les autres, sont séparés par une membrane qui ne leur permet de ne se mélanger que très-lentement, il en résulte, par l'intermédiaire de ses parois, un courant électrique continu qui peut pro-

duire des actions chimiques particulières. Si les composés qui en résultent sont insolubles, ils s'attachent à l'une des surfaces de la membrane; dans le cas contraire, ils se répandent dans les dissolutions où ils concourent encore à de nouvelles opérations. »

Un moyen très-simple de mettre ce principe en évidence consiste à plonger un tube de verre fêlé et contenant une solution de nitrate d'argent dans une éprouvette renfermant une dissolution de sulfure de sodium.

On ne tarde pas, en effet, à voir la paroi intérieure de la fissure se revêtir d'une couche de cuivre métallique, qui augmente graduellement. Si l'on met alors la solution de cuivre et celle de sulfure respectivement en communication avec les électrodes d'un galvanomètre, on constate que cette réduction métallique est accompagnée de la production d'un courant électrique auquel le nitrate fournit l'électricité positive, et le sulfure l'électricité négative.

Telle est l'expérience fondamentale qui a servi de point de départ à toutes les recherches ultérieures de M. Becquerel. Il avait déjà eu l'occasion de remarquer qu'il se forme souvent un dépôt de cuivre métallique à l'extrémité des douves des tonneaux qui contiennent du sulfate de cuivre, et le hasard lui fit observer plus tard les effets de réduction que nous venons de décrire, dans un tube fêlé accidentellement. Il essaya ensuite, avec succès, de remplacer le tube fêlé par un tube intact fermé par un bout au moyen d'une membrane ou d'un tampon formé d'une substance poreuse quelconque. Il obtint aussi le même résultat en faisant communiquer les deux liquides au moyen de deux plaques de verre ne laissant entre elles qu'un étroit espace capillaire. Le métal réduit se

déposait alors à la surface intérieure des deux plaques sous forme de dendrites.

L'expérience suivante montre, d'ailleurs, que la présence d'un corps poreux ou capillaire interposé entre les deux solutions est une des circonstances essentielles à la réduction du métal. On verse lentement une dissolution de nitrate de cuivre dans une éprouvette de verre, puis, au-dessus, une dissolution de monosulfure de sodium dont la densité est moindre que celle du nitrate. Les deux liquides se superposent sans se mêler, et il se produit aussitôt entre eux une mince couche de sulfure de cuivre qui établit une séparation complète entre leurs surfaces. Or, dans ces circonstances on n'observe jamais de réduction métallique, comme cela a lieu lorsque les deux solutions sont séparées par un diaphragme poreux.

La plupart des métaux peuvent être réduits par l'action des corps capillaires sur leurs dissolutions. Mais la réussite de l'expérience exige des dispositions d'appareil un peu différentes suivant les métaux que l'on veut obtenir. M. Becquerel a, dans ce but, employé tour à tour les diaphragmes les plus divers, tels que le papier parcheminé, le verre et le quartz broyé, ainsi que le plâtre gâché avec du sable fin et façonné en colonnes de 4 à 5 centimètres de hauteur. C'est avec ce dernier mode de séparation qu'il a obtenu la réduction du platine et du cobalt et même quelques traces de chrome métallique.

La nature des parois des intervalles capillaires n'exerce, paraît-il, aucune action sur le phénomène, car on arrive aux mêmes résultats en opérant avec des lames de verre revêtues de papier ou même vernies. Le métal se dépose alors sur le papier ou sur le vernis aussi bien que sur le verre poli.

Suivant M. Becquerel, la théorie de ces réductions est fort simple. Au moment où les deux dissolutions entrent en contact, elles réagissent l'une sur l'autre et mettent en liberté, comme nous l'avons déjà dit, les électricités contraires. Ces électricités, en se recombinant au travers du liquide adhérant aux parois de l'espace capillaire, produisent un courant dont l'énergie est suffisante pour réduire le sulfure de cuivre résultant de la réaction des deux liquides.

Il faut, il est vrai, dans cette hypothèse, admettre que les liquides contenus dans les espaces capillaires sont plus conducteurs que ne le comporte en réalité la section transversale de ces conduits, et c'est, en effet, ce que paraissent avoir établi les recherches de M. Becquerel. Cette augmentation de conductibilité est d'ailleurs conforme à la théorie de Laplace, d'après laquelle le liquide qui baigne un tube capillaire doit avoir une densité plus grande que les portions du même liquide situées à une très-petite distance des parois.

En remplaçant le monosulfure alcalin des expériences précédentes par une dissolution de silicate ou d'aluminate alcalin, le courant électro-capillaire diminue d'intensité et son action devient insuffisante pour réduire les métaux, dont on n'obtient plus que les oxydes hydratés et cristallisés.

C'est par cette voie que M. Becquerel est arrivé à reproduire plusieurs corps dont la composition et la forme cristalline sont tout à fait identiques à celles de certains minéraux naturels. On comprend aisément que les courants électro-capillaires ont dû jouer un rôle important dans la formation des cristaux qui tapissent les fissures des roches. Ces courants, d'une faible intensité, parais-

sent favoriser puissamment les phénomènes de cristallisation et sont, sans doute, l'un des grands facteurs de toutes les actions lentes. C'est ce qui ressort particulièrement de l'expérience suivante, au moyen de laquelle M. Becquerel a réussi à produire le sulfure de cuivre en prismes à six pans, tel qu'on le trouve dans la nature.

« On prend, dit-il, un tube de 8 à 10^{mm} de diamètre intérieur et de 2^{d} de long, fermé par un bout; on le remplit au quart d'eau distillée, puis on y introduit une lame de cuivre autour de laquelle est enroulé un fil de platine, et un autre tube de 4 à 5^{mm} de diamètre, fermé par un bout et rempli presque entièrement d'une dissolution de sulfhydrate d'ammoniaque. On ferme le grand tube et on le place dans une étuve à 120°. Le sulfhydrate se volatilise et se dissout peu à peu dans l'eau, tandis qu'une partie de sa vapeur libre exerce une pression intérieure qui retarde la volatilisation. Le sulfhydrate dissout réagit alors lentement sur le cuivre, et il en résulte des cristaux de cuivre sulfuré en prismes à six pans, empilés les uns sur les autres, comme ceux que l'on trouve dans les mines du Cornouailles. Ces cristaux ont le même faciès que ces derniers; à leur aspect, d'un gris de fer éclatant, on croirait qu'ils ont été formés par voie ignée. En supprimant le fil de platine, pour qu'il n'y ait plus d'effet électro-chimique, la réaction sur le sulfhydrate a également lieu, mais les cristaux restent confus et imperceptibles.»

C'est par un procédé tout à fait semblable que M. Becquerel a obtenu un carbonate de cuivre hydraté qui ne diffère en rien de la malachite naturelle.

La structure éminemment capillaire et poreuse de tous les tissus organisés fait pressentir, *a priori*, qu'ils doivent être le siége, aussi, d'une multitude de courants électro-

capillaires. Suivant M. Becquerel, les courants musculaires et nerveux, chez les animaux, ainsi que les courants réguliers qu'il a signalés lui-même depuis longtemps chez les végétaux, n'ont pas d'autre origine que l'action des divers liquides réagissant les uns sur les autres au travers des diaphragmes membraneux ou capillaires. On trouvera dans le livre que nous analysons un exposé complet de tous ces phénomenes dont l'étude est certainement destinée à jeter une vive lumière sur les questions de physiologie animale et végétale. L'auteur traite, du reste, ces matières avec une grande réserve, commandée d'ailleurs par la complication du sujet et la nouveauté de certains aperçus.

L'étude des courants électriques qui prennent naissance pendant la dissolution et la double décomposition des sels offrait un intérêt particulier. Il importait de savoir jusqu'à quel point l'intensité de ces courants concorde avec les principes modernes de la thermochimie.

L'appareil dont se sert M. Becquerel pour ce genre de recherches consiste simplement en un tube fêlé dont la fêlure n'a guère que dix millièmes de millimètre d'ouverture et qui contient l'une des dissolutions sur lesquelles il veut opérer. Il introduit ce tube dans une éprouvette qui contient l'autre dissolution et l'état électrique résultant se détermine au moyen d'un galvanomètre communiquant avec deux lames d'or, dont l'une se trouve dans le tube et l'autre dans l'éprouvette.

M. Becquerel a pu, de cette manière, comparer entre elles les forces électromotrices produites par l'action de l'eau sur les solutions acides et basiques, ainsi que pendant la réaction des divers sels les uns sur les autres.

Les résultats qu'il a obtenus sont pleinement d'accord

avec ceux de la thermochimie[1]. Ils prouvent, en particulier, que l'eau joue, dans les doubles décompositions, un rôle prépondérant, ainsi que l'avaient déjà établi les recherches de M. Berthelot. M. Becquerel a, en effet, constaté que la force électromotrice résultant de la réaction des deux solutions neutres est toujours égale à la somme algébrique des forces électromotrices résultant de l'action distincte de chacune des dissolutions sur l'eau de l'autre. Il a aussi trouvé que la force électromotrice produite pendant l'hydratation des acides et des bases diminue à mesure que le degré d'hydratation augmente, ainsi que cela a lieu pour la chaleur développée pendant la formation des hydrates.

Dans le cas où l'on fait agir une dissolution acide sur une dissolution alcaline, la force électromotrice produite se trouve être égale à la somme des forces électromotrices résultant de la formation des hydrates correspondants et de l'action directe de l'acide anhydre sur la base anhydre. En résumé, la force électromotrice totale développée dans une transformation chimique ne dépend que de l'état initial et de l'état final du système de corps réagissants, résultat conforme au principe d'équivalence calorifique des transformations chimiques.

Les derniers chapitres du volume sont consacrés à la physique terrestre et à la météorologie. Ce sont là malheureusement des sujets trop vastes et trop compliqués pour que nous puissions entreprendre de les résumer ici. Dans cette partie de son ouvrage, M. Becquerel est conduit à des conclusions du plus haut intérêt sur des questions encore controversées, telles que la nature des phénomè-

[1] *Journal de Physique*, Mai 1874, et *Annales de chimie et de Physique*, 4me série, vol. VI et XVIII; 5me série, vol. V, Janvier 1875.

nes volcaniques et l'origine de l'électricité atmosphérique. Il traite aussi, en détail, de la formation des météores aqueux et, en particulier, des orages à grêle. Des cartes dressées avec soin résument la marche habituelle de ces orages dans plusieurs départements de France. Enfin nous ajouterons, en terminant, qu'on trouve aussi dans ce volume l'exposé complet des nombreuses et profondes recherches que M. Becquerel poursuit, depuis tant d'années, sur la distribution de la température et de l'électricité dans l'intérieur des végétaux.

C. de C.

NOTE

SUR

L'ORIGINE PREMIÈRE

DES

PRODUITS SEXUELS

PAR

M. HERMANN FOL

Un mémoire d'une haute importance, au point de vue de la morphologie embryogénique, parut à la fin de l'année dernière[1]. Ce mémoire est le fruit des belles recherches faites par E. van Beneden sur le mode de formation du testicule et de l'ovaire chez *Hydractinia echinata* et chez *Clava squamata*.

L'*Hydractinia* se prête particulièrement bien à cette étude, parce que ses colonies sont, les unes mâles, et les autres femelles; chaque colonie renferme des individus à divers états de développement, dont le sexe est ainsi connu d'avance. Ajoutons à cela la simplicité d'organisation des Cœlentérés, des Hydroïdes surtout, qui se composent pendant toute leur vie, principalement des deux feuillets primitifs, ectoderme et entoderme, le mésoderme, représenté par des fibres musculaires et du tissu conjonctif, étant très-peu développé. Les résultats de recherches

[1] Ed. v. Beneden. — De la distinction originelle du testicule et de l'ovaire; caractère sexuel des deux feuillets primordiaux de l'embryon; hermaphrodisme morphologique de toute individualité animale, etc. *Bulletins de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e série, XXXVII, 1874.

faites sur un objet aussi favorable devaient acquérir un degré de certitude presque absolu, et méritent toute confiance.

Van Beneden a vu le testicule se former aux dépens d'une masse de cellules, qui résulte d'un enfoncement tantôt creux, tantôt solide du feuillet externe. Les œufs, au contraire, descendent directement d'un certain nombre de cellules de l'entoderme. Les deux organes sont esquissés dans chacun des deux sexes; seulement, le testicule s'atrophie ensuite chez les individus reproducteurs des colonies femelles; l'ovaire, chez les colonies mâles.

Waldeyer avait trouvé précédemment que l'épithélium superficiel de l'ovaire de certains Vertébrés dérive de l'épithélium péritonéal qui recouvre la plaque moyenne qui, elle-même, paraît être une dépendance de l'entoderme. Le testicule se forme aux dépens du canal de Wolf, qui paraît dériver de l'ectoderme.

Rapprochant ses propres résultats de ces derniers, van Beneden y voit une confirmation de ses idées et considère comme probable qu'elles se vérifieront pour l'ensemble du règne animal. C'est, l'on en conviendra, aller bien vite, que de conclure à la généralité de ces phénomènes pour tout l'ensemble du règne animal, en s'appuyant sur deux observations aussi isolées, dont l'une seulement, basée sur l'étude de *deux espèces* de Polypes hydroïdes, présente le caractère d'une certitude scientifique !

Ces conclusions auront certainement paru très-hasardées, pour ne pas dire plus, à beaucoup de lecteurs; l'on sait, en effet, qu'aucun des auteurs qui se sont occupés de l'origine première des produits sexuels dans divers embranchements du règne animal, à l'exception des Ver-

tébrés, n'a observé des faits qui puissent s'accorder avec ces vues. Leur généralité est si loin d'être démontrée que, même chez les Cœlentérés, il s'en trouve dont les produits sexuels paraissent se former aux dépens de l'entoderme seulement. HAECKEL est explicite sur ce point en ce qui concerne les Géryonides. Chez *Cordylophora* et chez *Hydra*, les produits sexuels dérivent de l'ectoderme, d'après les recherches soignées de F.-E. SCHULTZE et de KLEINENBERG. Du reste, les résultats des dernières recherches embryogéniques ne sont-ils pas propres à nous inspirer de la prudence? N'a-t-on pas rencontré chez des genres voisins des différences très-grandes et tout à fait inattendues dans le mode de formation des feuillets et des organes?

Aussi n'est-ce qu'avec un scepticisme absolu que j'accueillis, pour ma part, les généralisations de VAN BENEDEN. Sans mettre le moins du monde en doute le résultat de ses recherches, portant sur deux espèces de Polypes hydroïdes, je ne pouvais admettre comme probable que ce mode de développement des organes de la génération fût universel, ni même qu'il fût très-répandu. Tout ce que je pouvais me rappeler de mes propres observations sur les Cténophores, les Géryonides, les Mollusques, était favorable aux idées de HAECKEL et, chez les Ptéropodes, en particulier, j'avais clairement vu ce que je prenais pour la glande génitale tout entière, se former par une scission d'une partie du feuillet interne. Ces observations sur les Ptéropodes sont consignées dans un mémoire qui va paraître incessamment.

Néanmoins, la lecture du mémoire de VAN BENEDEN et certaines contradictions, rencontrées chez les auteurs qui se sont occupés de ce sujet, pour les Mollusques, me fai-

saient souhaiter une occasion de vérifier à nouveau l'exactitude de mes opinions. L'on sait, en effet, que la plupart des auteurs font provenir la glande hermaphroditique des Mollusques de la partie postérieure du foie, c'est-à-dire de l'entoderme. Mes propres observations venaient à l'appui de cette manière de voir, puisque j'avais vu la glande en question se séparer par scission de la paroi du sac nourricier des Ptéropodes. Or, le sac nourricier donne directement naissance au foie chez beaucoup de Céphalophores, quoique ce ne soit pas le cas chez les Ptéropodes.

Mais un auteur, dont l'avis pèse beaucoup dans la balance, ne partageait pas cette manière de voir. J. Müller fait provenir les organes génitaux, chez les *Creseis*, d'un organe pyriforme qui est suspendu à côté de l'estomac et de la naissance du sac nourricier. Quelle est l'origine de cet organe et quelles sont les modifications par lesquelles il passe, pour donner naissance aux organes sexuels? Les observations du grand anatomiste ne répondent pas à ces questions.

Me trouvant à Messine pendant les mois de février et de mars de cette année, mon premier soin fut de reprendre la question *ab ovo*. Le hasard de la pêche me favorisait : les larves et les jeunes de *Creseis* abondaient en mer à une profondeur de 5 à 10 brasses.

Je n'eus pas de peine à trouver le corps pyriforme de J. Müller chez des jeunes qui avaient subi la métamorphose depuis peu. Il se trouvait, du reste, déjà indiqué sur quelques-uns de mes dessins antérieurs. Une étude attentive de sa structure et de ses relations m'apprit qu'il était composé d'un grand nombre de petites cellules peu distinctes, et relié à l'ectoderme par des prolongements sarcodiques de sa substance. Le plus considérable de ces

prolongements s'attachait à l'ectoderme, dans la région voisine de l'anus et à l'anus lui-même, par le moyen d'une quantité de filaments ramifiés, d'une finesse extrême. Les autres processus sarcodiques s'attachaient à la portion de l'ectoderme qui entoure la cavité branchiale ou palléale.

Ce corps, situé, comme l'a fort bien décrit J. Müller, au côté gauche de l'estomac, prend ensuite un développement très-rapide; c'est cette circonstance qui m'avait précédemment empêché de le reconnaître dans l'organe de grandes dimensions qu'il est devenu chez des exemplaires un peu plus grands que les précédents. Il se présente alors sous la forme d'un corps épais, allongé, lobulé à sa surface, et entourant, comme un demi-cylindre, la base du sac nourricier. Les spermatozoaires ne tardent pas à se former dans les lobules de cet organe; c'est le testicule.

Restait à découvrir l'origine première du corps pyriforme de J. Müller. Les plus jeunes larves de *Creseis* que j'ai rencontrées le possédaient déjà. Il était globuleux et très-petit, composé d'un petit nombre de cellules et situé près de l'anus. Des filaments sarcodiques le reliaient à l'anus et à la partie avoisinante de l'ectoderme. L'on sait que la plupart des larves de Céphalophores possèdent à côté de l'anus deux amas cellulaires, qui font saillie dans la cavité du corps et prennent naissance par prolifération de l'ectoderme de la région anale. L'un de ces corps cellulaires donne naissance au rein. Quant à l'autre, quelques auteurs le considèrent comme l'origine des organes génitaux, opinion qui n'est basée sur aucune observation positive, mais seulement sur le fait qu'ils ne savaient quelle autre signification lui attribuer. Ce corps cellulaire est sans doute l'origine du corps pyriforme, qui

n'est autre que le rudiment du testicule. Le testicule provient donc de l'ectoderme.

L'ovaire se forme de la manière que j'ai décrite dans mon mémoire sur les Ptéropodes; la seule faute que j'ai commise à cet égard a été de prendre le rudiment de l'ovaire pour l'origine de la glande hermaphroditique tout entière. Chacune des cellules brunâtres qui composent en couche unique la paroi du sac nutritif, se scinde par le travers en une cellule externe, transparente, et une cellule interne colorée en brun. Cette scission n'a lieu que sur le côté droit du sac. La couche interne de cellules brunes continue à former l'épithèle du sac nourricier, tandis que la couche externe l'enveloppe en forme de demi-cylindre. Les cellules de cette couche se multiplient lentement, puis se mettent à grossir et chacune d'elles devient un ovule. Mais ces ovules n'atteignent leur maturité qu'après l'évacuation plus ou moins complète du sperme amassé dans le testicule.

J'ai constaté les mêmes faits chez un autre Ptéropode orthoconque, la *Styliola subulata.*

Chez *Creseis,* la partie mâle et la partie femelle de la glande hermaphroditique sont simplement accolées sur toute leur longueur, et leur contact ne devient intime qu'après la résorption du sac nourricier; mais l'ovaire et le testicule ne se mêlent pas aussi intimement que chez les autres Céphalophores. Il était donc intéressant de vérifier si les choses se passaient de la même manière chez ces derniers. Malheureusement, tous les Gastéropodes que j'avais à ma disposition deviennent très-opaques à la fin de la période larvaire, et le temps ne me permettait pas d'entamer une série de recherches à cet égard, par la méthode des dissections. Je dus me contenter de constater que le

même mode de développement se retrouve chez un Hétéropode à sexes distincts, dont les larves et les jeunes se rencontraient fréquemment, à savoir *Atlanta Peronii.*

Il est donc admissible que même ceux des Céphalophores qui ont des sexes distincts sont originairement hermaphrodites. Toutefois, mes observations ne portant que sur un seul genre, il serait prématuré de se prononcer à cet égard. Même en ce qui concerne *Atlanta,* pour être sûr que les deux sexes sont originairement identiques, il faudrait que j'eusse la preuve que les jeunes que j'ai observés étaient destinés à devenir, les uns des mâles, les autres des femelles; cette preuve me manque.

De toute manière, la formation des produits sexuels mâles aux dépens de l'ectoderme, et des produits femelles aux dépens de l'entoderme, est constatée avec certitude chez trois genres de Céphalophores, répartis dans deux ordres différents de cette classe.

Chez les Appendiculaires, je n'ai pu suivre la formation première des organes sexuels. Mais chez des exemplaires très-jeunes du genre *Fritillaria,* l'ovaire se trouvait accolé au tube digestif, tandis que le testicule était attenant à l'ectoderme, à l'extrémité postérieure du corps. Plus tard, ces deux organes arrivent au contact l'un de l'autre, mais sans se souder. Toutefois, je ne donne ces faits que comme une simple indication; ils sont trop incomplets pour être probants.

Cette confirmation des vues de E. VAN BENEDEN est d'autant plus frappante que j'étais plus sceptique lorsque j'entamai l'examen de la question, d'autant plus frappante que les Céphalophores, avec leurs produits sexuels intimement mêlés dans leur glande hermaphroditique, sont précisément ceux des animaux chez lesquels l'on se

serait le moins attendu, *a priori*, à voir ces vues se confirmer.

L'origine première du testicule et de l'ovaire dans les deux feuillets primitifs de l'embryon est maintenant constatée avec certitude chez des exemples tirés de deux embranchements du règne animal, les Cœlentérés et les Mollusques; elle est rendue fort probable pour des exemples tirés des deux divisions de l'embranchement des Chordés, à savoir les Tuniciers et les Vertébrés.

La question de savoir si ce fait de première importance est général pour tous les animaux a fait un pas de plus vers sa solution. Néanmoins, je me garderai encore à l'heure qu'il est, de partager l'assurance avec laquelle VAN BENEDEN concluait à sa généralité. Mais, que ce mode de formation soit universel, ou qu'il soit seulement très-répandu, l'habile observateur belge aura toujours le mérite, non-seulement d'avoir découvert le fait, mais d'en avoir saisi toute la portée. Des observations aussi importantes et aussi utiles à la science peuvent bien faire pardonner des théories hasardées. Puissent tous ceux qui lancent des hypothèses peu fondées, sous le titre pompeux de théories, avoir une aussi bonne excuse!

SUR

LA VISCOSITÉ DES DISSOLUTIONS SALINES

PAR

M. ADOLPHE SPRUNG

(Communiqué par l'auteur.)

D'après les recherches expérimentales de Poiseuille et les considérations théoriques développées plus tard par Hagenbach, le temps nécessaire à l'écoulement d'un volume donné de liquide au travers d'un tube capillaire étroit s'exprime par la formule

$$t = \frac{8}{\pi P} \cdot z \cdot \frac{l}{h r^4}$$

dans laquelle P est le poids d'unité de volume d'eau, z la viscosité, h la hauteur de la colonne d'eau, r le rayon, l la longueur du tube capillaire.

Si maintenant on prend d'autres liquides en employant toujours le même tube capillaire et en maintenant la pression la même, cette formule donne la viscosité z telle que l'a définie Hagenbach, à savoir : la force nécessaire pour faire glisser l'une sur l'autre deux couches liquides d'une surface égale à l'unité et avec une vitesse telle que l'espace parcouru dans la seconde soit égal à l'intervalle de deux molécules.

Partant de ces données j'ai entrepris de déterminer la viscosité d'un certain nombre de dissolutions salines; ce travail a été exécuté dans le laboratoire de M. le professeur Wiedemann et sous sa bienveillante direction; je lui en exprime ici ma vive reconnaissance. L'appareil que j'ai employé est à peu près exactement celui que M. Wiedemann a décrit dans le tome XCIX des Annales de Poggendorff. Le tube capillaire présentait une longueur de 300 millimètres et un rayon de $0^{mm},2312$. Le volume liquide qui s'écoulait à chaque expérience était de 21,15 centimètres cubes, la hauteur de la colonne d'eau sous la pression de laquelle l'écoulement se produisait était égale à 158 centimètres; chaque détermination a été refaite plusieurs fois, ce qui a permis d'obtenir une approximation de 0,5 %.

Pour me rendre mieux compte de la marche du phénomène je m'appliquai d'abord à apprécier l'influence de la concentration et de la température plus complétement qu'on ne l'avait fait encore. Et pour cela j'ai mesuré la vitesse d'écoulement à plusieurs degrés de concentration différents, et de 5° en 5°, ou de 10° en 10°, entre 0° et 50° ou 60°.

J'ai étudié de la sorte les sels suivants :

*Chlorure de potassium.	*Chlorure de sodium.	*Chlorure d'ammonium.
*Bromure de potassium.	Bromure de sodium.	*Bromure d'ammonium.
*Iodure de potassium.	Iodure de sodium.	*Iodure d'ammonium.
*Azotate de potasse.	Azotate de soude.	*Azotate d'ammoniaque.
*Chlorate de potasse.	Chlorate de soude.	
Sulfate de potasse.	Sulfate de soude.	Sulfate d'ammoniaque.

Chlorure de barium. Chlorure de strontium. Chlorure de calcium.

Chlorure de lithium.
Sulfate de magnésie.
Sulfate d'oxyde de chrôme.

J'ai exprimé graphiquement les résultats obtenus au moyen de courbes ayant comme ordonnées les valeurs trouvées pour la viscosité et pour abcisses les températures ou les quantités de sel contenues dans 100 parties de la dissolution. L'examen de ces courbes a démontré ce qui suit :

I. — *Influence de la température.*

Pour les neuf sels marqués d'un * la vitesse d'écoulement est plus petite que celle de l'eau aux basses températures, plus grande que celle de l'eau à des températures plus élevées. Voici par exemple les résultats obtenus pour quatre dissolutions de chlorhydrate d'ammoniaque de concentrations différentes :

		Dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque.			
		I	II	III	IV
Température.	Eau.	3,673 %	8,672 %	15,678 %	23,37 %
	Sec.	Sec.	Sec.	Sec.	Sec.
0°	691,5	653,5	621	590,5	575
5°	587,5	566,5	544	525	520
10°	506 3	494,5	478	466	467
15°	442,1		422,5	421	424
20°	390,3	386	379	380,5	390
25°	350		345,5	347,3	360
30°	313,5	312,5	315	321	331
35°	283,5				
40°	258,5	262	266	272	285,5
45°	237,3				
50°	219	223,5	228,5	238	252
55°	203				
60°	189	193,5	201	209,5	223,5

On voit au premier coup d'œil que dans le voisinage de 0° les chiffres vont en diminuant de gauche à droite,

tandis que vers 40°, 50° et 60° ils vont en croissant dans cette même direction. — La représentation graphique de ces résultats montre que la dissolution IV, la plus concentrée, présente entre 0° et 20° une viscosité plus faible, entre 20° et 60° une viscosité plus forte que l'eau aux mêmes températures. Les courbes de viscosité pour les dissolutions moins concentrées III, II et I coupent également la courbe de l'eau et cela *à des températures d'autant plus élevées que la dissolution est plus diluée.*

Le résultat a été le même pour les huit autres sels marqués du même signe que le chlorure d'ammonium.

A 0° et 60° toutes les courbes I à IV s'éloignent de celle de l'eau et cela d'autant plus qu'elles sont plus concentrées.

Si l'on rapporte la viscosité des dissolutions de chlorure d'ammonium à leur concentration prise comme abcisse on obtient pour 0° une courbe qui s'abaisse d'une manière continue pour des concentrations croissantes; pour 40°, 50° et 60° on obtient des courbes qui croissent au contraire avec la concentration. Pour les températures intermédiaires (5° à 35°) la vitesse d'écoulement atteint ses maxima pour des concentrations moyennes, *pour des températures croissantes les maxima tombent sur des dissolutions plus diluées;* de telle sorte que ces maxima suivent la même marche que les points d'intersection ci-dessus mentionnés des courbes de viscosité des sels avec celles de l'eau.

Ainsi le maximum de la vitesse d'écoulement appartient :

à 5°	à la dissolution	au	22 %
10°	»		19 %

à 15°	à la dissolution au	14 %
20°	»	11,5 %
25°	»	8 %
30°	»	2 %

Ce que nous venons de voir peut se formuler comme suit : *A une température suffisamment basse le chlorure d'ammonium augmente la vitesse d'écoulement de l'eau tandis qu'il la diminue à des températures plus élevées, et cela en proportion de sa concentration. La température à laquelle la dissolution de chlorure d'ammonium possède la même vitesse d'écoulement que l'eau est d'autant plus élevée que la dissolution est plus diluée.*

Pour les autres sels appartenant au même groupe cette loi ne se vérifie pas absolument. En effet, la température à laquelle, pour une concentration donnée, il devrait se produire une accélération de l'écoulement de l'eau est trop basse; en d'autres termes, même vers 0° les dissolutions les plus concentrées s'écoulent plus rapidement que l'eau, mais plus lentement que des dissolutions de concentration moyenne; néanmoins il ressort de la marche des courbes que la loi établie pour le chlorure d'ammonium s'applique aussi aux huit autres sels marqués du même signe.

Les dissolutions des autres sels s'écoulent à toutes les températures plus lentement que l'eau, excepté le iodure de sodium dont les dissolutions au-dessous de 10 % s'écoulent, vers 10°, un peu plus vite que l'eau, comme l'avait déjà trouvé Poiseuille.

Il y aurait lieu de rechercher aussi, pour ces sels-là, la loi d'après laquelle la viscosité de leurs dissolutions dépend de la température.

II. — *Relation existant entre la vitesse d'écoulement d'un sel et sa composition chimique.*

L'ensemble des expériences que j'ai exécutées sur les différents sels énumérés plus haut m'a conduit à formuler les lois qui suivent.

1. En faisant d'abord varier l'acide pour une même base j'ai trouvé que :

L'ordre dans lequel les dissolutions des sels de potasse, de soude et d'ammoniaque avec les acides :

$$H_2SO_4,\ HCl,\ HNO_3,\ HClO_3,\ HBr,\ HI$$

se rangent au point de vue de leur viscosité est le même pour ces trois bases ; dans chacune de ces trois séries la viscosité va en diminuant de l'acide sulfurique à l'acide iodhydrique.

2. L'acide demeurant constant et la base étant tantôt la soude, la potasse ou l'ammoniaque, j'ai constaté que :

L'ordre dans lequel se rangent les sels de H_2SO_4, HCl, HNO_3, $HClO_3$, HBr, HI *avec les bases*

$$NaOH,\ KOH,\ NH_4OH,$$

est toujours le même quel que soit l'acide, à savoir que c'est le sel de soude qui s'écoule le plus lentement et le sel d'ammoniaque qui s'écoule le plus vite.

Les sels de l'acide sulfurique font exception toutefois à cette dernière loi en ce que les dissolutions de sulfate d'ammoniaque présentent une viscosité plus grande que celle du sulfate de potasse.

A l'appui de ces conclusions je tiens à mettre sous les yeux du lecteur les tableaux suivants qui donnent les

temps d'écoulement en secondes; les proportions de sels indiquées se rapportent aux sels anhydres. Les deux premiers tableaux se rapportent au cas d'une base constante et d'acide variable, les deux suivants au cas d'un acide constant et de base variable.

Sels de potasse.

	3,5 %		10 %		22 %	
	10°	50°	10°	50°	10°	50°
	Sec.					
Sulfate de potasse,	526	233,5	563	258	—	—
Chlorure de potassium,	498	223,3	536	231,5	484	253,5
Azotate de potasse,	497	221,5	531	225	—	—
Chlorate de potasse,	496,5	221,5	—	—	—	—
Bromure de potassium,	496	221	530	223	459	232
Iodure de potassium,	495	219	525	220	441,5	222

Sels de soude.

	8 %		23,2 %	
	10°	50°	10°	50°
Sulfate de soude,	639	284	—	—
Chlorure de sodium,	570	256	887	384
Azotate de soude,	529	238	668	302
Chlorate de soude,	527	236,5	644	293,5
Bromure de sodium,	519	236	616	285
Iodure de sodium,	505	226	526	247

Combinaisons de chlore.

	8 %		22 %	
	10°	50°	10°	50°
Chlorure de lithium,	670	290	1244	532
Chlorure de sodium,	570	256,5	841	367,5
Chlorure de potassium,	489	228,5	484	254
Chlorure d'ammonium,	480	227	466	249,5

Azotates.

	14 %		30 %	
	10°	50°	10°	50°
Azotate de soude,	566	257,5	801	357
Azotate de potasse,	475	229	—	—
Azotate d'ammoniaque,	460	226	472	250

Parmi les combinaisons de lithium je n'ai étudié que le chlorure; les résultats qu'il a donnés ont été placés dans le tableau III en parallèle avec ceux du chlorure de sodium et du chlorure de potassium à l'appui de la troisième loi qui va suivre.

3. *Si l'on compare les vitesses d'écoulement des sels présentant une constitution analogue, on reconnaît qu'à toutes les températures la viscosité de la dissolution est d'autant plus grande qu'à base égale le poids moléculaire de l'acide est plus petit, ou que, avec le même acide, le poids moléculaire de la base est plus petit.* Cette loi a été établie pour les groupes suivants :

Iodure de potassium. Bromure de potassium. Chlorure de potassium.
Iodure de sodium. Bromure de sodium. Chlorure de sodium.
Iodure d'ammonium. Bromure d'ammonium. Chlorure d'ammonium.

Chlorate de potasse. Azotate de potasse.
Chlorate de soude. Azotate de soude.
Chromate jaune de potasse. Sulfate de potasse.

Chlorure de potassium. Chlorure de sodium. Chlorure de lithium.
Chlorure de barium. Chlorure de strontium. Chlorure de calcium[1].

Dans chacune des lignes qui précèdent les sels sont

[1] M. Hübener, à Rostock, a déjà étudié la viscosité de ce dernier groupe de sels à des températures comprises entre 16° et 20° et en employant des dissolutions de même pesanteur spécifique ; il est arrivé au même résultat, suivant lui RbCl se place encore dans la série avant KCl (Pogg. Ann., tome CL, page 248).

placés de gauche à droite suivant leur viscosité croissante.

4. *La viscosité d'une même dissolution de sulfate d'oxyde de chrome est différente suivant que le sel qu'elle renferme appartient à la modification violette ou à la modification verte, elle est plus grande dans le premier cas que dans le second.*

Une dissolution violette contenant environ 24 % du sel ($Cr_2 (SO_4)_3 + 15 H_2 O$) et possédant un poids spécifique égal à 1,1619, ne présenta plus qu'un poids spécifique 1,1486 après qu'on l'eut fait passer à la modification verte en la chauffant, puis en la laissant refroidir. Le tableau suivant indique les résultats obtenus dans ce cas pour la vitesse de l'écoulement :

Sulfate de chrome.

Températ.	Eau.	Violet.	Vert.	$\frac{\text{Vert.}}{\text{Violet.}} 100$
		Sec.	Sec.	
10°	506,3	1461	990,9	67,70
20°	390,3	1093,7	740,9	67,77
30°	313,5	843,3	579,7	68,74
40°	258,5	666,6	471,9	70,79
50°	219	595,3	402	75,72

Il semble donc que déjà au-dessous de 50° la modification violette commence à se transformer graduellement en la verte.

Pour plus de détails sur ce travail et sur les études antérieures sur le même sujet je m'en réfère au mémoire complet que je publie dans ce moment-ci.

Leipzig, 1er mai 1875.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

E. Liais. Sur les prochaines oppositions de Mars, pour la détermination de la parallaxe solaire, et l'accord remarquable de la parallaxe déja obtenue par l'opposition de 1860, avec la nouvelle mesure de la vitesse de la lumière par M. Cornu. (Extrait d'une lettre de M. Liais à la rédaction des *Archives*.)

Rio de Janeiro, 1er mai 1875.

En trouvant, dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, numéro du 14 décembre 1874, qui vient de me parvenir, la valeur de 300,400 kilomètres obtenue directement, par M. Cornu, pour la vitesse de la lumière, j'ai remarqué l'accord que ce nombre, combiné avec les meilleures déterminations de l'aberration, établit pour la parallaxe du Soleil, avec la valeur de 8″,760 que j'avais obtenue par l'opposition de Mars en 1860, à l'aide d'observations faites d'un même point (Rio de Janeiro). De nouvelles oppositions de Mars ayant lieu cette année et en 1877, dans les circonstances les plus favorables pour de nouvelles déterminations, je crois devoir appeler votre attention sur une méthode qui, par ses résultats déjà obtenus, mérite de ne pas être négligée.

En effet, au moment où l'attention publique est particulièrement appelée sur la parallaxe du soleil, par suite du dernier passage de Vénus sur le disque de cet astre, il n'est pas sans intérêt de signaler cet accord si remarquable entre la parallaxe du Soleil déduite de l'opposition de Mars en

1860, les valeurs de l'aberration de la lumière d'après l'ensemble des déterminations de Struve, Lindenau, Lundahl et Peters, et la nouvelle détermination de la vitesse de la lumière faite par M. Cornu à l'aide d'observations entre l'Observatoire de Paris et la tour de Montlhéry.

M. Cornu a déjà signalé dans son remarquable travail que la constante de l'aberration, déterminée par Struve à 20″,445, combinée avec sa nouvelle mesure de la vitesse de la lumière, donne pour la parallaxe solaire 8″,797, nombre dont la différence n'égale pas 0″,04 avec celui de 8″,760 que j'ai déduit de mes observations sur l'opposition de Mars en 1860. Voir les Comptes rendus de 1865, numéro du 23 janvier, et mon ouvrage *l'Espace Céleste*, page 33.

L'accord est plus remarquable encore si, au lieu d'employer seulement les observations de Struve pour la constante de l'aberration, on se sert aussi de celles de Lindenau, Lundahl et Peters sur la Polaire; en effet, les observations de

MM. Struve ont donné	20″,445
Lindenau.	20″,449
Peters	20″,503
Lundahl	20″,551
dont la moyenne générale est de.	20″,487.

Cette moyenne, combinée avec la vitesse de la lumière trouvée par M. Cornu, donne 8″,779 pour la valeur de la parallaxe solaire, ce qui diffère de mon nombre 8″,760 de moins de 0″,02, accord extraordinaire en relation aux grandes différences des procédés suivis pour la détermination indépendante de ces trois éléments : Aberration, Vitesse de la lumière et Parallaxe du soleil obtenue par l'opposition de Mars, observée d'un même point à l'Est et à l'Ouest du Méridien, en mesurant au théodolite répétiteur des différences de hauteurs de la planète et d'une étoile voisine, dans une basse latitude celle de Rio de Janeiro, où la planète passait au méridien dans le voisinage du Zénith.

La différence du nombre que j'ai publié, il y a dix ans, avec celui que l'on déduit de la valeur de l'aberration donnée par M. Peters, et de la vitesse de la lumière d'après M. Cornu, n'est même que de 0″,01 et s'accorde exactement avec la moyenne des déterminations de MM. Peters et Lundahl qui est de 20″,527 pour l'aberration.

Il est bon de noter que les observations de l'opposition de Mars en 1862 n'ont pas été faites dans des conditions aussi favorables ; d'abord parce que la parallaxe de la planète était moindre en 1862 qu'en 1860, et ensuite parce que les méthodes employées à cette époque exigeaient le concours de plusieurs stations et de plusieurs observateurs ; de sorte que les influences du mode de pointé individuel n'étaient pas éliminées comme dans l'observation de 1860, ce qui explique la divergence des résultats obtenus.

Du reste, Mars va être de nouveau en opposition au mois de Juin prochain, et, comme en 1860, passera encore très-près du Zénith de Rio de Janeiro et dans des conditions de rapprochement de la terre voisines de celles de 1860 ; l'Observatoire impérial de Rio, où le montage de nombreux instruments de précision s'achève en ce moment, ne manquera pas cette nouvelle occasion de déterminer la parallaxe solaire. De meilleures conditions existeront encore en 1877, époque à laquelle la parallaxe de Mars atteindra une valeur sensiblement égale à celle de la parallaxe de Vénus diminuée de celle du soleil, élément sur lequel portent les observations dans les passages de Vénus.

La possibilité de référer la position de Mars à celle des étoiles voisines, tandis que Vénus ne peut être référée qu'aux bords solaires qui paraissent sujets à des variations et irrégularités comme l'indiquent les projections de facules accidentellement observées hors du limbe et les dépressions du voisinage des taches, donne aux observations de Mars, dans les conditions où cette planète sera en 1877, une supériorité incontestable par rapport à la méthode qui a pour but de référer les positions de Vénus au centre du Soleil, lors des

passages de cette planète. Cette opposition de 1877 sera observée, à l'Observatoire impérial de Rio de Janeiro, avec des ressources plus grandes que celles dont je disposais en 1860, avec une parallaxe plus forte encore de la part de la planète, ce qui me permet d'espérer une excellente détermination directe de la parallaxe du soleil, surtout en présence de l'accord déjà si notable, que je viens de signaler entre les meilleures déterminations de l'aberration et de la vitesse de la lumière, et la mesure directe de la parallaxe obtenue en 1860.

Les observations que je vais faire exécuter, cette année, à l'Observatoire impérial de Rio, ont surtout pour but d'arrêter le choix des moyens les plus parfaits à appliquer en 1877.

M. Galle. — Détermination de la parallaxe solaire par les observations de la planète *Flore*. (Lettre à M. Leverrier, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 3 mai 1875 [1].)

Breslau, le 29 avril 1875.

Peut-être sera-t-il venu à votre connaissance, par les communications contenues dans les n°s 2012 et 2033 des *Astronomische Nachrichten*, que l'essai de détermination de la parallaxe solaire au moyen d'une des petites planètes (proposé par moi en 1872) a été effectué, à l'égard de la planète Flore, en 1873, par des observations correspondantes dans plusieurs observatoires de l'hémisphère boréal et de l'hémisphère austral. A ces observations ont pris part sur l'hémisphère austral : l'Observatoire du Cap de Bonne-Espérance (M. Stone), de Melbourne en Australie (M. Ellery), et de Cordoba, dans la République Argentine (M. Gould); sur l'hémi-

[1] Nous croyons devoir rapprocher la lettre qu'on va lire de la note de M. Liais sur ce sujet si important de la détermination de la parallaxe solaire, à cause de l'intérêt que présente la concordance des différentes méthodes employées. *Réd.*

sphère boréal : les Observatoires de Bothkamp, près de Kiel (M. Vogel et M. Lohse), de Clinton, dans l'Amérique septentrionale (C.-H.-F. Peters), de Dublin (M. Brünnow), de Leipzig (M. Börgen), de Lund (M. Möller et M. Dunér), de Moscou (M. Bredechin), de Parsonstown (*Lord Rosse's Observatory*, M. Copeland), d'Upsal (M. H. Schultz) et de Washington (M. Hall).

Selon le sommaire des calculs se fondant sur ces observations, qui a été publié au n° 2033 des *Astr. Nachrichten*, j'avais fixé la valeur de la parallaxe solaire qui en résulte à $\pi = 8'',879$.

Mais, pendant l'impression du Mémoire en question, j'ai reçu encore des lettres de Melbourne, concernant quelques observations douteuses, et j'ai été ainsi en état d'ajouter dans ce cas et aussi pour quelques autres Observatoires de petites corrections, par lesquelles le résultat déjà mentionné est légèrement changé. Suivant 81 observations correspondantes entre l'hémisphère austral et l'hémisphère boréal (41 étoiles de comparaison au nord de la planète, 40 au sud), le résultat définitif, pour la parallaxe solaire déduite des observations de la planète Flore en 1873, doit être fixé maintenant à $\pi = 8'',873$, avec une très-petite incertitude, je crois, dans les centièmes de secondes. De 96 observations correspondantes, 15 ont dû être exclues à cause de quelques déviations trop considérables, provenant de quelques imperfections des instruments australs. Cependant, même en supposant que les 15 observations ne soient pas exclues, le résultat reste à peu près le même, c'est-à-dire $\pi = 8'',878$, bien que ce soit jusqu'à un certain degré par hasard.

Je m'occupe maintenant de la composition d'un Mémoire plus détaillé, contenant les observations et les calculs, et en peu de temps j'espère avoir l'honneur de pouvoir vous en offrir une copie.

Le résultat des observations de la planète Flore, déjà mentionné ($\pi = 8'',873$), présente une conformité surprenante

avec celui qui a été trouvé l'année passée à l'Observatoire de Paris par M. Cornu, par ses mesures nombreuses et très-exactes de la vitesse de la lumière ($\pi = 8'',878$), si l'équation de la lumière donnée par Delambre est admise : la différence ne s'élève qu'à $0'',005$. De même le résultat ne s'éloigne de votre parallaxe, dérivée des perturbations de la planète Mars, que de $0'',007$ (*Comptes rendus*, t. LXXV, p. 169. $\pi = 8'',866$). Si l'on emploie l'aberration des étoiles pour la détermination de la vitesse de la lumière, l'accord est moindre et la déviation de la parallaxe solaire devient plus considérable ($\pi = 8'',797$) que ne semblent pouvoir comporter les expériences de M. Cornu ou la détermination géométrique de la parallaxe de la planète Flore.

L'étude de l'ensemble des observations de cette planète et l'exécution des calculs m'ont convaincu qu'en employant la méthode proposée (des différences en déclinaison entre la planète et une étoile fixe observées au micromètre filaire d'un équatorial), la valeur de la parallaxe solaire peut être enfermée dans des limites très-resserrées. Le désavantage de la distance plus grande des petites planètes est compensé par le grand avantage d'un pointé plus exact et de la bissection extrêmement sûre de ces points lumineux semblables aux étoiles fixes. L'état atmosphérique même a peu d'influence sur de pareilles observations. Les observations de Vénus et de Mars sont beaucoup plus pénibles, eu égard au diamètre, à la phase, à l'irradiation, etc. : et, de plus, dans les passages de Vénus, par l'indécision des bords du soleil, si la hauteur du soleil n'est pas grande. Une très-bonne occasion pour un essai de cette espèce s'offrira au mois de septembre et d'octobre de cette année par l'opposition de la planète Eurydice, qui aura lieu à cette époque, et j'ai l'intention de proposer une répétition de ces observations aux astronomes, si la coopération était possible à l'un ou à l'autre des observatoires australs.

Aujourd'hui je lis dans un journal allemand que M. Puiseux a tiré des observations françaises du passage de Vénus

à Pékin et à l'île Saint-Paul, pour la parallaxe solaire, le résultat 8″,879, ce qui donne un autre accord très-remarquable avec le résultat de M. Cornu et le résultat tiré des observatoires de Flore.

H.-C. Vogel. — Spectres des comètes. (*Astronomische Nachrichten*, n° 2018; *Naturforscher*, 1875, n° 8.)

Nous avons déjà, à plusieurs reprises, entretenu nos lecteurs des essais entrepris depuis un certain nombre d'années pour déterminer le spectre des comètes et en déduire quelques conjectures sur la nature de ces astres. Nous rappellerons en particulier la note, publiée l'année dernière, sur ce sujet par M. Delafontaine, qui est arrivé par la comète Coggia à des résultats tout à fait concordant avec ceux du travail dont nous rendons compte ici. M. Vogel a fait, en 1874, un assez grand nombre d'observations spectrales de comètes.

La comète de Winnecke, observée entre le 7 et le 10 mai, lui a donné un spectre composé de trois lignes brillantes, présentant un bord net du côté du rouge, dégradé du côté du violet. La partie centrale de la comète, où l'on distinguait un ou même plusieurs points brillants, a fourni en outre un spectre continu très-pâle. Vu le très-faible éclat de ces raies, il n'a pas été possible d'en mesurer exactement la position.

La comète Coggia a été l'objet d'un grand nombre d'observations faites à Bothkamp et à Berlin entre le 6 mai et le 13 juillet. Son spectre se composait de trois raies brillantes, auxquelles s'ajoutait, dans la partie voisine du noyau, un spectre continu s'étendant de 590 à 440 millionièmes de millimètre. La bande du milieu, la plus brillante, offrait du côté du rouge un bord tranché, estimé à 515 millionièmes de millimètre environ. Vers le 4 juin, le spectre présentait un éclat beaucoup plus grand et permettait une mesure exacte des bandes, qui toutes trois présentaient un bord net du côté du rouge en se dégradant lentement du côté du violet. Cette mesure

donna pour ces trois bords les longueurs d'onde, 561,4, 514 et 473,3 millionièmes de millimètre. Plus tard, le 13 juin, on put déterminer exactement le commencement, la partie la plus brillante, et la fin de chaque bande. Celles-ci, du moins la première et la seconde, étaient rayées de lignes brillantes. L'éclat relatif de ces bandes, qui, au début, était environ 2, 4 et 1, se modifia graduellement un peu, et la troisième arriva à posséder un éclat aussi grand que la première et moitié de celui de la seconde.

Plus tard, à Berlin, du 8 au 13 juillet, le spectre montra une transformation plus importante encore. La portion continue avait beaucoup augmenté d'éclat, tandis que les raies ne se montraient presque plus; vers la tête de la comète seulement on pouvait à peine les distinguer encore toutes trois; vers le noyau on ne voyait plus guère que le spectre continu, assez clair pour distinguer les couleurs, et sur celui-ci il semblait qu'on aperçût dans le rouge et le jaune quelques traces de raies obscures. Lorsque l'astre se rapproche, la proportion de lumière solaire réfléchie augmente donc plus rapidement que l'éclat de la lumière cométaire directe, au point qu'il se produit un renversement du spectre direct, observé d'abord à une plus grande distance, et M. Vogel pense que c'est peut-être ce renversement qui fournira le meilleur moyen d'étudier la lumière cométaire.

L'auteur, après avoir calculé la moyenne de ses observations, donne le tableau comparatif suivant des déterminations faites par lui sur les comètes Coggia et Henry, et par Huggins sur la comète II, 1868.

		Comète Coggia.	Comète Henry.	Comète II, 1868.
1re bande.	Commencement	526,5	562,6	563,1
	Maximum d'éclat	533,8	559	
	Fin	541	541	538
2me bande.	Commencement	515,1	517,1	517,2
	Maximum d'éclat	511,8	516	
	Fin	500	500	492

3me bande.	Commencement	471,6	472,7	471,4
	Maximum d'éclat	468,9	466	
	Fin	465	464	458

Un second tableau donnant en longueurs d'onde les bandes spectrales de la flamme de la benzine ou de la partie bleue d'une flamme de pétrole ou de gaz d'éclairage, montre une coïncidence frappante entre ces bandes du carbone et celles de ces trois comètes, seulement la bande 430,8 de la flamme du gaz d'éclairage ne se retrouve pas dans la lumière des comètes, ce qui peut tenir à la température plus basse qui y règne. La netteté du bord le moins réfrangible des bandes et leur dégradation du côté le plus réfrangile constituent un rapport de plus entre le spectre de ces trois comètes et celui du carbone. Cette analogie si frappante, signalée par Huggins, établie maintenant pour trois comètes récentes les plus brillantes, semble un indice certain pour la nature de la substance constituante des planètes. Les doutes soulevés sur ce point par l'observation des autres comètes doivent être, suivant M. Vogel, attribués à leur plus faible éclat. La variabilité dans la position du maximum d'éclat des bandes cométaires pourrait d'ailleurs tenir aux circonstances de température et de pression diverses que présentent les comètes.

PHYSIQUE.

L. Dufour. — Observations siccimétriques a Lausanne. 10me année; année météorologique 1874. *(Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles*, XIII, 74.)

Nous avons déjà, à plusieurs reprises, entretenu nos lecteurs des observations siccimétriques poursuivies régulièrement depuis dix ans par M. L. Dufour[1], en vue de déterminer.

[1] Voyez *Archives*, 1870, t. XXXVII, p. 245, et 1875, t. LII, p. 241.

au moyen d'un appareil spécial que nous avons décrit, la marche relative de la chute d'eau (pluie ou neige) et de l'évaporation.

Durant l'année 1874, les observations ont été continuées dans les mêmes conditions que précédemment, et elles ont donné les résultats suivants que M. Dufour a représentés graphiquement au moyen d'une courbe ayant pour abscisses les temps, et pour ordonnées les quantités de pluie tombées, diminuées de l'évaporation.

1° Le mois de décembre 1873 présente le fait, rare pour ce moment de l'année, d'un excès d'évaporation. La chute d'eau ou de neige a été insignifiante. Pendant les dix-huit premiers jours du mois, l'eau du siccimètre est demeurée gelée.

2° Pendant les mois de janvier, février et mars, les chutes de pluie ou de neige ont été très-peu abondantes et à peu près compensées par l'évaporation, peu active cependant de cette saison froide.

3° La seconde moitié d'avril et le commencement de mai offrent une période sèche durant laquelle l'évaporation l'emporte de beaucoup sur la chute. Grande prédominance des vents de la région nord.

4° Le 25 avril, la courbe coupe l'axe horizontal, c'est-à-dire que, à partir du commencement de l'année météorologique jusqu'à ce jour-là, l'évaporation compensait exactement la chute. Mais les pluies abondantes du mois de mai ont ramené pendant quelques jours un excès de chute.

5° A partir du 28 mai, la courbe demeure au-dessous de l'axe jusqu'à la fin de l'année. En d'autres termes, la pluie n'est jamais devenue assez abondante pour compenser la somme d'évaporation comptée à partir du 1er décembre 1873.

6° Durant l'été, on remarque de fréquentes alternances de courtes périodes durant lesquelles il y a tantôt un excès de chute et tantôt un excès d'évaporation. — L'année 1874 n'offre pas, comme d'autres, une période estivale bien caractérisée par un excès prononcé et continu d'évaporation.

7° C'est le 1er octobre que la courbe atteint le point le plus bas. A ce moment-là, l'évaporation l'emportait de 121mm.5 sur la chute à partir du commencement de l'année météorologique.

8° Les mois d'octobre et de novembre présentent une période d'environ trente jours, durant lesquels l'évaporation compense presque continuellement de faibles précipitations aqueuses sous forme de pluie ou de rosée.

9° De fortes pluies caractérisent le milieu de novembre et l'année météorologique finit avec un faible *excès d'évaporation :* 12mm,5.

Pour connaître l'importance de l'*évaporation absolue*, il faut évidemment ajouter à 12mm,5 la couche d'eau recueillie dans un pluviomètre.

D'après les observations faites à l'observatoire de l'Asile des aveugles, cette couche a été, en 1874, de 690mm.

L'évaporation absolue en 1874, telle que la fournit le siccimètre, a donc été de 702mm,5.

Ch. Dufour. De l'altération des images par réflexion sur la surface des eaux. (*Bull. de la Soc. vaud. des Sciences naturelles*, XIII, 73.)

En 1851 et 1855 nous avons publié, mon frère L. Dufour et moi, différents travaux sur les mirages du lac Léman [1].

Ces mirages sont plus fréquents qu'on ne le suppose, cependant j'ai souvent rencontré des personnes qui avaient grande envie de les voir et qui n'avaient jamais pu y parvenir. Or j'ai pu m'assurer que ces personnes prenaient pour une réflexion sur l'eau ce qui était réellement un mirage.

Dans le désert on fait attention au mirage parce que l'on n'est pas habitué à voir des images sur le sable. Mais sur le

[1] Voir les *Bulletins de la Société vaudoise des Sciences naturelles*, tome IV, pages 129 et 388, et tome V, page 26.)

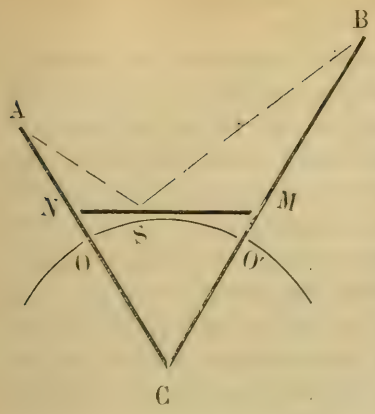
lac, le même phénomène ne frappe pas parce qu'on lui attribue une cause fort différente. Je pourrais citer diverses circonstances où le lac Léman était agité par le vent ou par la bise : et cependant des personnes intelligentes assuraient qu'en Savoie le lac était parfaitement calme, parce que l'on voyait les maisons reflétées à la surface de l'eau. Or ce n'était là qu'un mirage, ce qui du reste était confirmé plus tard quand on apprenait que le lac était aussi agité sur la côte de Savoie que sur la côte suisse. Et en pareille circonstance toute image par réflexion est impossible, car pour qu'elle ait lieu, il faut que le lac soit parfaitement calme : dès que l'eau est un peu frémissante aucune image ne se produit par la réflexion de la lumière à sa surface.

En définitive, quand l'œil est peu élevé au-dessus de l'eau, et que l'on regarde des objets éloignés qui sont aussi à une hauteur peu considérable, on peut être certain que si l'on voit une image de ces objets c'est un mirage et non pas une réflexion sur l'eau : car, dans ces conditions-là, une image nette dans l'eau est à peu près impossible. Et si elle avait lieu, à cause de la rondeur de la terre, ce serait une image tellement déprimée dans le sens vertical qu'elle serait à peu près méconnaissable : c'est ce que je me propose de développer ici.

En effet, la surface d'un lac n'est pas un plan, c'est une partie de la surface de la terre, par conséquent c'est un miroir convexe : et, si le bassin a quelques kilomètres d'étendue, la convexité de ce bassin est assez prononcée, pour qu'elle altère en certains cas d'une manière très-notable l'apparence des images qui peuvent s'y former.

En effet, soit C le centre de la terre, et CO ou CO′ son rayon, B la position du point dont on veut rechercher l'image, A celle de l'œil, et S le point de la surface de l'eau où se fait la réflexion.

Pour la question qui nous occupe, il faut trouver d'abord quelle est la position de ce point S. Dans ce but supposons le problème résolu, menons par ce point la ligne MN tan-



gente à l'arc O O', soit N le point où cette tangente coupe la verticale A O menée par le point A ; et soit M le point où elle coupe la verticale B O' menée par le point B. Désignons par h la ligne A O, c'est la hauteur de l'œil au-dessus de la surface de l'eau, par h' la ligne B O' c'est la hauteur au-dessus du même niveau de l'objet que l'on regarde. Désignons par r le rayon de la terre, et par d la distance O O' qui sépare les pieds des deux verticales, cette distance est sensiblement égale à la longueur de la tangente M N. Désignons par x la longueur M O', par y la ligne S N qui est une partie de la tangente, et par y' la ligne S M qui en est une seconde partie. Les inconnues sont x, x', y et y'. On peut les trouver par la combinaison des 4 équations suivantes :

$$y^2 = 2rx \qquad (1)$$

$$y'^2 = 2rx' \qquad (2)$$

$$y + y' = d \qquad (3)$$

$$\frac{y}{y'} = \frac{h - x}{h' - x'} \qquad (4)$$

Les deux premières sont fondées sur la propriété de la tangente d'être moyenne proportionnelle entre la sécante et sa partie extérieure. La 3e provient de ce que la distance qui sépare les points O et O' peut être considérée comme la somme des tangentes. La 4e est basée sur ce que les triangles A N S et S M B sont *à peu près* semblables. Mais dans un calcul tel que celui-ci, il faut bien peser les conséquences d'un *à peu près*, car pour certaines valeurs qui y figurent une

altération en apparence insignifiante peut modifier à un haut degré le résultat que l'on cherche.

Or ces deux triangles seraient rigoureusement semblables si la ligne A N était perpendiculaire à N S, et B M perpendiculaire à S M, car dans tous les cas l'angle A S N = B S M puisque l'angle d'incidence égale l'angle de réflexion. Mais dès que les hauteurs A O et B O′ sont très-petites relativement aux dimensions du cercle, et que la distance d elle-même n'est qu'une fraction bien faible de la circonférence de la terre comme dans l'exemple que nous considérons, il est évident que si du point A on abaisse une perpendiculaire sur la tangente S N, cette perpendiculaire différera fort peu de la verticale A N. Le même raisonnement peut être fait pour le point B. On voit donc que les côtés de ces triangles sont à peu près égaux à ce qu'ils seraient si les triangles étaient semblables, et l'équation (4) est ainsi justifiée.

En effectuant les éliminations convenables, on arrive à l'équation :

$$y'^3 - \frac{3}{2} d y'^2 - y' \left(h' r + h r - \frac{d^2}{2} \right) + d h' r = 0.$$

Mais pour faire disparaître le terme en y'^2, il faut dans le cas actuel remplacer y' par $z + \frac{d}{2}$, ce qui revient à considérer comme nouvelle inconnue la distance qu'il y a depuis le milieu de l'arc O O′ jusqu'au point où se fait l'image, alors l'équation précédente devient :

$$z^3 - z \left\{ r (h + h') + \frac{d^2}{4} \right\} + r d \left(\frac{h' - h}{2} \right) = 0.$$

Comme exemple, supposons que nous sommes à Morges, l'œil à 20 mètres au-dessus du lac, et que nous regardons à la distance de 35 kilomètres un clocher haut de 60 mètres, dont le sommet est à 100 mètres et la base à 40 mètres au-dessus du lac. Comptons que le rayon de la terre est de 6366 kilomètres.

Recherchons d'abord où se fait sur l'eau l'image du som-

met du clocher. Ici en prenant le kilomètre pour unité nous avons :

$h' = 0{,}1$ $h = 0{,}02$ $d = 35$ $h = 6366$, on trouve alors que $z = 9010$ mètres. L'image se fait donc à 9010 mètres du milieu de l'arc OO', c'est-à-dire à 8490 mètres de Morges ou à 26.510 mètres du clocher.

Pour la base nous avons :

$h' = 0{,}04$ $h = 0{,}02$ $d = 35$ $r = 6366$ on trouve alors que son image se fait à 14210,8 mètres de Morges. Donc l'image de ce clocher occuperait sur le lac une longueur de 5720,8 mètres, c'est-à-dire un arc de 3'5".

Pour la vérification, on peut calculer la valeur des angles A S N et B S M et l'on trouve qu'ils sont égaux.

Or ce clocher vu de Morges paraîtrait sous un angle de 5'54" et son image seulement sous un angle de 1'43", c'est-à-dire qu'elle serait à peu près 3 ½ fois plus faible : ce serait assez pour la rendre méconnaissable. abstraction faite de la difficulté d'avoir le lac calme comme une glace sur une étendue de plus de 5 kilomètres.

Et sans répéter les calculs trigonométriques qui ont donné 1'43" pour la grandeur de l'image vue dans l'eau, on comprend qu'elle doive paraître fort déprimée dès qu'elle occupe sur la terre un arc de 3'5"; l'angle des tangentes menée à ses points extrêmes fait comprendre le raccourcissement apparent de cette image.

On voit par là que jamais on ne peut voir sur l'eau l'image d'un objet qui se trouve dans des conditions analogues. Les peintres en ont bien le sentiment, car lorsqu'ils ont à représenter ainsi un objet éloigné que l'on voit par un rayon à peu près horizontal, par exemple le soleil couchant, ils se gardent bien de faire une image pareille à l'objet lui-même comme cela arriverait dans d'autres conditions; ils représentent le soleil par une tache brillante de même largeur que lui, mais beaucoup moins longue dans la direction de l'œil, ou bien par une longue traînée de feu, si la surface réfléchissante, au lieu d'être parfaitement calme, est ridée par de

petites vagues comme cela arrive dans la grande majorité des cas.

Les lignes précédentes étaient écrites, et sur la foi des calculs je croyais qu'il serait à peu près impossible de voir ainsi l'image d'un objet lorsque le rayon visuel raserait à peu près la surface de l'eau, quand le 2 avril 1873, vers les 2 heures après midi, mon ami, M. le docteur Fr. Forel, vint m'annoncer que de telles images étaient cependant visibles. En effet, depuis Morges, on voyait en ce moment du côté de Villeneuve quelques voiles de bateaux dont l'image dans le lac donnait en tous points raison à la théorie que j'ai exposée plus haut. Ces images étaient tellement déformées dans le sens vertical que l'on n'aurait pas même pensé que c'était l'image des voiles, si les calculs faits précédemment ne nous avaient appris qu'en pareilles conditions ces images devaient avoir cette forme.

Du reste, ce jour-là, le lac était d'une tranquillité exceptionnelle. A Morges il était déjà fort calme, mais au moment de l'observation un bateau à vapeur devait être en course entre Vevey et Ouchy, plus tard il touchait Morges et nous nous informions auprès du capitaine de l'état du lac dans sa partie orientale, il nous dit que l'eau y était d'un calme absolu, que rarement cette surface avait au même degré l'aspect d'un miroir.

En quelques minutes nous vîmes plusieurs images qui étaient curieuses à cause de leur déformation dans le sens vertical. Ainsi sur un bateau, plus rapproché de Morges, il y avait quelques hommes qui marchaient : or, dans l'eau, leur image était carrée : d'autres même, placées dans des conditions différentes, paraissaient plus larges que hautes, de manière qu'au premier abord on aurait pu penser que c'était là l'image d'un chien.

Cette observation imprévue confirme tout à fait le résultat des calculs exposés ci-dessus sur la dépression des images lorsque le rayon visuel rase la surface de l'eau.

Et même on peut dire que c'est là une nouvelle preuve de la rondeur de la terre.

J. Chautard. Action des aimants sur les gaz raréfiés renfermés dans des tubes capillaires et illuminés par un courant induit. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 3 mai 1875.)

Dans une note précédente [1], M. Chautard avait signalé brièvement quelques-uns des résultats obtenus dans une série de recherches préliminaires sur l'action que l'aimantation exerce sur les décharges électriques à travers des tubes de Plücker remplis de différents gaz, au point de vue surtout de l'éclat de ces décharges et des modifications que les spectres de ces gaz subissent sous l'action de l'aimant. Depuis lors, M. Chautard a repris et complété ces observations et nous croyons devoir reproduire ici le résumé succinct et fort intéressant qu'il vient de publier de ses recherches sur ce sujet, nous réservant d'y revenir lorsque paraîtra le mémoire détaillé, qu'il publiera bientôt sans doute, sur ses dernières expériences. Celles-ci se rattachent en effet d'une part à la question des transformations que peuvent subir les spectres des gaz suivant les différentes circonstances de température, pression et autres dont nous avons souvent entretenus nos lecteurs, d'autre part aux recherches entreprises par de la Rive, puis continuées plus tard par lui avec notre collaboration, sur les décharges électriques à travers des gaz raréfiés, et l'action qu'elles subissent de la part de l'aimant [2].

De la Rive a étudié cette action dès 1866, il constata qu'elle produit une condensation des filets gazeux, surtout dans le

[1] *Comptes rendus*, 16 novembre 1874, p. 1123.

[2] *Archives*, 1866, tome XXVII, p. 289 ; 1871, tome XLI, p. 5 ; 1874, tome L, p. 43.

voisinage de l'electrode négative. « Cette condensation, » dit-il, « explique pourquoi la partie du jet qui était obscure, parce que le gaz y était trop dilaté, devient lumineuse, et pourquoi celle qui était déjà lumineuse devient plus étroite, plus brillante, avec des stratifications plus serrées. L'action de l'aimant produit le même effet que produirait une augmentation locale de densité dans la matière gazeuse raréfiée. » Il constata également que l'action du magnétisme produit un accroissement considérable de la résistance opposée au passage de la décharge. Nous avons étudié plus tard de quelle manière cette augmentation de résistance varie d'un gaz à l'autre suivant sa nature et sa conductibilité, en nous bornant pour cela à l'air, l'acide carbonique et l'hydrogène.

A l'occasion de ses recherches sur les spectres des gaz et les changements qu'ils éprouvent sous l'action de l'aimant, M. Chautard a étendu ces observations au cas spécial des tubes capillaires que nous avions examiné sans nous y arrêter et sans le mentionner spécialement, vu qu'il rentre dans la règle générale pour l'augmentation de résistance qui s'y manifeste, la condensation du jet lumineux et les variations d'éclat. En outre il a opéré sur un plus grand nombre de gaz différents.

M. Chautard résume comme suit son travail :

« 1° Les gaz ou substances raréfiées sur lesquelles mes expériences ont porté sont : l'hydrogène, l'azote, l'oxygène, l'acide carbonique, l'oxyde de carbone, l'hydrogène bicarboné, le soufre, le sélénium, l'iode, le brome, le chlore, l'acide sulfureux, le fluorure de silicium, le bichlorure d'étain. Tous sont loin d'offrir des modifications aussi prononcées, ainsi que je l'indiquerai tout à l'heure : les corps de la famille du chlore sont ceux qui réussissent le plus sûrement et qui produisent les plus brillants résultats.

« 2° L'élévation de température diminue l'effet produit par l'aimant ; on s'en assure en laissant passer le courant induit

pendant quelque temps au sein du tube : la chaleur qui en résulte ne tarde pas à affaiblir et parfois à rendre inactive l'influence magnétique.

« 3° La pression du gaz intervient dans l'action de l'aimant, à tel point qu'avec le même corps il est possible, selon le cas d'obtenir, soit la cessation subite du courant induit, soit une modification notable dans l'apparence lumineuse, soit enfin la permanence de la teinte primitive.

« 4° En variant la tension du courant induit, on peut obtenir des effets analogues à ceux qui résultent de la variation de pression du gaz : les modifications lumineuses magnétiques sont en général d'autant plus tranchées que la tension primitive est plus faible.

« 5° Les phénomènes restent les mêmes lorsque le courant induit est emprunté à une machine de Holtz ou à une bobine d'induction de Ruhmkorff.

« 6° Le sens du courant induit, comme aussi celui de l'aimantation, donne des effets assez identiques; cependant certains corps semblent subir une influence plus énergique au moment où l'on renverse le courant.

« 7° La forme des armatures doit être considérée surtout au point de vue de la surface; celle-ci devra être plane, et telle que le tube capillaire soit embrassé sur la plus grande partie de sa longueur.

« 8° Il est évident que les phénomènes seront d'autant plus accusés que l'aimantation sera plus énergique; on la détermine ordinairement à l'aide d'une pile de 12 à 15 éléments Bunsen, grand modèle.

« 9° L'action de chaque pôle isolément est très-faible ; ce n'est que sous l'influence simultanée des deux pôles que les phénomènes acquièrent leur maximum d'intensité.

« 10° Enfin, l'action diminue rapidement avec la distance ; on s'en assure en éloignant peu à peu le tube à $^1/_2$ centimètre environ des pôles ; au delà de cette limite, l'influence de l'aimant cesse de se manifester.

« *Conclusions.* — 1° Le résultat qui doit être noté tout d'a-

bord est un accroissement de résistance de la part du courant induit sous l'influence de l'aimant. Cette résistance est quelquefois telle, que le courant peut être subitement interrompu au moment où l'aimant entre en action. Ce fait est mis en évidence de la manière suivante : on prend un tube formé de deux parties communiquant entre elles et présentant, l'une un étranglement, l'autre une longueur et un diamètre différents. La partie capillaire est disposée entre le pôle de l'électro-aimant, après quoi on lance le courant de la bobine. Tant que l'aimant est inactif, la lumière circule uniformément dans les deux tubes ; elle est subitement arrêtée dans le plus court et le plus étroit, au moment où celui-ci est soumis à l'action de l'aimant. L'effet peut être produit avec le chlore, l'iode, le soufre, le sélénium.

« 2° Cette cessation de la lumière induite par l'aimant peut être déterminée avec le même gaz dans deux cas bien distincts, soit lorsque le vide a été poussé assez loin pour que le courant d'induction se trouve voisin de la limite qui ne lui permet plus de jaillir, soit, au contraire, lorsque la tension du gaz est suffisante pour que l'étincelle atteigne le voisinage de la même limite.

« 3° Sous l'influence magnétique, le filet lumineux, lorsqu'il persiste, éprouve dans les tubes capillaires un rétrécissement qui peut quelquefois s'apercevoir à simple vue. Ce rétrécissement produit une augmentation de résistance assez énergique parfois pour être accompagné d'un changement de teinte du tube, ou même d'une modification dans le spectre. Chez certains gaz, tels que l'hydrogène, l'azote, l'acide carbonique, l'influence de la part de l'aimant est peu sensible, et les modifications observées rentrent dans le système des raies primitives.

« 4° Ce rétrécissement, ou ce changement de teinte du filet lumineux, ne s'étend pas à plus de $^1/_2$ centimètre des pôles; aussi, en prenant un tube d'une longueur suffisante, peut-on, pendant que l'aimantation a lieu, et en changeant la hauteur du spectroscope, apercevoir successivement le spectre nor-

mal (celui qui est produit par la lumière hors du champ magnétique) et le spectre modifié par le voisinage de l'aimant.

« 5° Pour bien juger de l'action de l'aimant, il faut faire en sorte que le spectre, au début, n'ait pas un éclat considérable; aussitôt que le courant passe dans l'électro-aimant, on voit apparaître les raies dans toute leur splendeur. Le phénomène réussit particulièrement et donne les résultats les plus nets avec le chlore, le brome, le chlorure d'étain, le fluorure de silicium, l'acide sulfureux.

« 6° Des mesures directes ont prouvé que, pour ces derniers corps, les raies nouvelles développées dans cette circonstance sont distinctes de celles qui caractérisent le spectre *normal* du même gaz traversé par un courant induit, suffisamment énergique et hors de portée d'un aimant.

Quant aux changements que subissent les spectres gazeux sous l'action de l'aimant, lesquelles forment l'objet principal de ce travail, il est difficile de juger si l'auteur les considère comme une transformation spéciale que la lumière électrique éprouve par l'effet de l'aimantation ou comme une modification analogue à celles que M. Wüllner a constatées sous l'action des variations de pression et de température. Il serait possible que, pour la nature de la lumière électrique aussi, l'action de l'aimant produisît le même effet qu'une augmentation locale de densité.

E. S.

Wm Crookes. — On attraction and repulsion resulting from radiation. Sur l'attraction et la répulsion produite par la radiation. (*Extrait des Proceedings*, vol. 23, Avril 1875.)

M. Crookes vient de communiquer à la Société royale de Londres une nouvelle série d'expériences qui confirment et complètent les résultats de ses précédentes recherches relatives à l'action répulsive de la chaleur.

En approchant un corps chaud d'un tube de verre contenant une boule de moelle suspendue au moyen d'un fil de soie, il avait, ainsi qu'on s'en souvient [1], constaté les singuliers effets suivants :

Tant que le tube contenait de l'air, la boule suspendue se rapprochait de la source de chaleur, tandis qu'elle s'en éloignait lorsqu'on avait préalablement fait le vide dans le tube. Il y avait donc attraction entre la boule suspendue et la source de chaleur lorsque la radiation calorifique s'exerçait sur un corps environné d'air, et répulsion lorsqu'elle agissait sur un corps placé dans le vide.

Au premier abord, il semble que l'attraction dont il s'agit ici doive s'expliquer tout naturellement par la présence dans le tube de courants d'air résultant de l'action de la chaleur. Les diverses circonstances de ses nombreuses expériences ont cependant conduit M. Crookes à penser que les courants d'air sont loin d'être la cause principale de ce phénomène. Il croit donc devoir attribuer l'attraction produite par la chaleur à une influence encore inexpliquée du gaz environnant la masse mobile. Il attache, du reste, une importance secondaire aux phénomènes d'attraction, et, suivant lui, l'effet principal et caractéristique de la radiation consiste dans la répulsion qu'elle exerce sur les corps suspendus dans le vide. Cette répulsion, dont M. Crookes ne prétend point d'ailleurs expliquer le mécanisme, est, paraît-il, un phénomène des plus constants. Il se manifeste toujours dès que le vide a atteint un certain degré de perfection qui dépend dans chaque cas de la nature et de la forme des corps composant le pendule.

Un physicien éminent, M. le professeur Reynolds, a cherché à expliquer cette action répulsive, sans attribuer à la chaleur aucune propriété nouvelle [2]. Suivant lui, les tubes les mieux épuisés, dont se sert M. Crookes, doivent toujours

[1] Voir *Archives*, septembre 1874.
[2] Voir *Proceedings*, janvier 1875.

contenir encore un peu de vapeur d'eau ou de mercure qui se condense à la surface du pendule, et dont la vaporisation subite, à l'approche d'un corps chaud, doit, par sa réaction, produire un mouvement de recul de la boule suspendue.

M. Crookes, dans ses nouvelles recherches, s'est naturellement préoccupé de cette interprétation qu'il croit pouvoir rejeter complétement. Il est, en effet, convaincu que les perfectionnements qu'il a apportés à la construction et à l'emploi de la pompe de Sprengel, lui ont permis de réaliser, dans ces tubes, un vide aussi parfait que le vide barométrique même. Il ne pense donc pas que les appareils dont il se sert puissent, en aucun cas, contenir une quantité d'eau ou de mercure assez considérable pour mettre en mouvement par leur simple vaporisation des pendules à boules métalliques souvent très-pesantes. En adaptant à ses tubes une disposition facile à concevoir, il a pu, d'ailleurs, constater que le vide y était si complet, qu'il ne livrait plus passage aux décharges d'induction. Enfin, il fait remarquer qu'il a obtenu les mêmes résultats, soit qu'il fît le vide dans un tube plein d'air parfaitement desséché, soit qu'il se servît pour cela d'un tube rempli de vapeur d'eau, après une ébullition prolongée pendant 48 heures.

M. Crookes a aussi cherché à mesurer l'intensité de cette répulsion due à la radiation et à comparer, sous ce rapport, les effets produits par différentes sources de chaleur. Dans ce but, il a fait usage de divers appareils et il a fini par s'arrêter à la disposition suivante qui lui a paru la plus avantageuse pour ce genre de recherches.

Le pendule renfermé dans un tube en verre ayant la forme d'un T renversé consiste simplement en un balancier de verre horizontal suspendu au moyen d'un fil de verre extrêmement fin. Ce balancier porte à ses deux extrémités les boules sur lesquelles on veut opérer, et il est muni à son milieu d'un miroir qui projette un rayon de lumière sur une échelle graduée. Le système tout entier est revêtu d'une enveloppe de coton épaisse de 6^{mm} entourée elle-même d'une

double rangée de bocaux pleins d'eau et ne laissant entre eux que l'étroit espace nécessaire au passage de la radiation de la source de chaleur. La sensibilité de cet appareil est extrême. Elle dépasse beaucoup celle du thermo-multiplicateur ordinaire. C'est ainsi que la chaleur obscure émanant du cuivre chauffé à 100° et passant au travers d'une plaque de verre produit encore une déviation du balancier mesurée par 3,25 à l'échelle, tandis que, dans les mêmes circonstances, la pile thermo-électrique ne révèle aucun courant.

M. Crookes a employé successivement, comme sources de chaleur, un fil de magnésium incandescent, la flamme d'une bougie et du cuivre chauffé à 400° et à 100°, ainsi que le spectre solaire et celui de la lumière électrique. Il a aussi étudié les effets de la chaleur agissant tantôt directement, tantôt au travers de milieux plus ou moins diathermanes, tels que des plaques de sel gemme, d'alun et de spath calcaire de diverses épaisseurs, du talc enfumé, du verre plus ou moins coloré ; de l'eau, et enfin du sulfate de cuivre ammoniacal arrêtant tous les rayons au-dessous de la raie F ou G. Les tableaux numériques qui résument ces recherches, n'ont malheureusement pas encore été publiés, et feront partie de communications ultérieures. Pour le moment, nous pouvons dire que ces études ont conduit l'auteur à reconnaître que l'action répulsive est produite à des degrés divers à toutes les sources de chaleur obscure ou lumineuse, depuis les rayons extra-rouge jusqu'à ceux de la région extra-violette. Ce fait, s'il se confirme, aura déjà par lui-même une importance des plus considérables, mais il nous reste encore à faire connaître les résultats les plus surprenants, auxquels M. Crookes est parvenu. Nous voulons parler des expériences dans lesquelles il a obtenu la transformation du mouvement simplement répulsif, dont il a été question jusqu'ici, en une rotation continue.

C'est en observant l'action de la flamme d'une bougie sur un bâton de moelle suspendu dans un ballon de verre, qu'il a, pour la première fois, constaté la possibilité de cette trans-

formation. Il remarqua, en effet, que les oscillations de ce pendule, en augmentant de plus en plus sous l'influence persistante de la chaleur, finissaient par lui faire franchir le point mort, après quoi il accomplissait plusieurs révolutions complètes. Cette rotation s'arrêtait cependant bientôt et changeait de sens par suite de la résistance occasionnée par la torsion du fil de suspension.

Les expériences faites avec l'appareil que nous avons décrit plus haut ont établi, ainsi que l'on devait s'y attendre, que l'action répulsive de la chaleur obscure est à peu près indépendante de la couleur des corps sur lesquels on la fait agir. Il en est tout autrement en ce qui concerne l'effet de la chaleur lumineuse qui est absorbée ou réfléchie à des degrés fort divers par des surfaces de couleur différentes. Cette circonstance a permis à M. Crookes de réaliser, sous le nom de radiomètre, un appareil dans lequel l'action de la lumière seule produit un mouvement de rotation continue, c'est-à-dire un travail mécanique appréciable.

Le radiomètre que nous avons pu voir nous-mêmes fonctionner tout récemment dans les salons de la Société royale de Londres, se compose d'un tourniquet à tige d'acier, portant de légères palettes en moëlle dont les faces ont été toutes noircies d'un même côté. Ce tourniquet, mobile autour de son axe vertical, est renfermé dans un ballon de verre de quatre à cinq centimètres de diamètre intérieur, reposant sur un pied et dans lequel on a fait le vide aussi complétement que possible.

Tant que cet instrument se trouve dans l'obscurité ou sous l'influence d'une faible lumière diffuse, le tourniquet qu'il contient reste parfaitement immobile. Il en est encore de même si l'on chauffe directement le globe de verre au moyen d'une lampe à alcool ou par le contact d'un corps chaud quelconque, car la radiation obscure du verre, qui prédomine alors, agit avec une égale intensité sur les faces blanches et sur les faces noires des palettes. Mais il suffit de projeter un rayon de lumière sur l'appareil au repos, pour que le tourni-

quet se mette instantanément à tourner. La rapidité de cette rotation dépend visiblement de l'intensité et de la distance de la source lumineuse, ainsi que de la construction plus ou moins propice de chaque radiomètre.

La rotation du tourniquet se produit à l'instant même où la lumière commence à agir, et quel que soit le pouvoir diathermane des substances que l'on interpose sur le trajet des rayons lumineux. Elle s'accélère rapidement si la lumière ne cesse pas d'agir et atteint bientôt une vitesse constante, qui dépend, comme nous l'avons dit, de l'intensité de la lumière et des conditions particulières de chaque instrument. Le mouvement giratoire cesse presque aussitôt, si l'on vient à marquer les rayons lumineux au moyen d'un écran opaque. L'instantanéité de cet effet de la lumière est des plus frappantes. Nous avons vu, plus d'une fois, un radiomètre complétement au repos se mettre à tourner avec une rapidité extrême, dès que l'on enflammait un fil de magnésium éloigné de plusieurs mètres de l'instrument que nous observions.

Le tableau suivant, qui contient quelques résultats numériques obtenus avec l'un de ces radiomètres, donnera un premier aperçu du degré de proportionnalité qui existe entre la rapidité de la rotation et l'intensité de la source lumineuse.

Temps requis pour une révolution.

Sources de radiation.					Durée en secondes.
1 bougie,	à la distance de	22	pouces	. . . . .	182
»	»	10	»	. . . . .	45
»	»	5	»	. . . . .	11
2 bougies,	»	5	»	. . . . .	5
4 »	»	5	»	. . . . .	3
8 »	»	5	»	. . . . .	1,6
1 bougie,	»	5	»	placée derrière un verre vert .	40
»	»		»	» bleu	38
»	»		»	» pourpre	28
»	»		»	» orange	26
»	»		»	» jaune	21
»	»		»	» rouge-pâle	20

Lumière du jour diffuse, faible	2,3
» brillante	1,7
Insolation directe à 10 heures du matin	0,3
» 2 »	0,25
	C. DE C.

V. DVORAK. VITESSE DU SON DANS DES TUYAUX PLEINS D'EAU. (*Pogg. Ann.*, 1875, tome CLIV, p. 156).

Nous avons rendu compte, dans notre numéro du 15 Décembre 1874, d'un récent travail de MM. Kundt et Lehmann sur les vibrations longitudinales dans des colonnes liquides, sur des figures acoustiques à l'aide desquelles on peut les mettre en évidence pour mesurer leur longueur d'onde, et sur l'influence que l'épaisseur des parois du tube exerce sur la vitesse de transmission du son dans l'eau. On se rappelle qu'ils avaient établi que la vitesse du son dans des tubes pleins d'eau se rapproche de plus en plus de la vitesse théorique dans une masse d'eau indéfinie, à mesure que l'épaisseur des parois du tube est plus grande, en demeurant néanmoins toujours au-dessous de cette valeur théorique, par suite, sans doute, de la force perdue dans la compression des parois.

M. Dvorak avait aussi, de son côté, cherché à produire des figures acoustiques dans des tubes pleins d'eau, à l'aide de poudre ordinaire, préalablement débarrassée de son salpêtre. Pour cela il prenait un tube de verre, horizontal, de 2 mètres à peu près de longueur, fermé à un bout et coudé à l'autre extrémité où il présentait une branche verticale de 10^{cm} environ. L'eau qui remplissait ce tube ne montait que fort peu dans le bras vertical. Celui-ci renfermait donc une petite colonne d'air que l'on mettait en vibration en soufflant fortement dessus avec la bouche. La hauteur du son ainsi obtenu pouvait être modifiée à volonté en changeant le niveau de l'eau dans la branche verticale du tube. Lors-

qu'on avait obtenu un son de hauteur convenable, il suffisait de 4 ou 5 fortes insufflations pour produire dans le tube des stries très-nettes. Les figures obtenues de la sorte ne présentaient point cependant des nœuds de vibration équidistants, d'où l'auteur conclut que les figures acoustiques dans des tubes fermés, pleins d'eau, ne peuvent pas se prêter à des mesures de la vitesse du son dans l'eau. Ce résultat est en opposition avec ceux de MM. Kundt et Lehmann qui n'ont opéré qu'avec des tubes fermés et ont produit avec ce procédé des figures acoustiques régulières.

M. Dvorak pare à cet inconvénient en prenant un tube qui présente à son extrémité fermée un coude très-court (2 à 3^{cm}) dans lequel il introduit une bulle d'air. Les figures acoustiques affectent alors, avec cette disposition, une régularité parfaite. L'auteur a opéré avec un certain nombre de tubes différents pour déterminer aussi l'influence de l'épaisseur des parois e, et du diamètre intérieur du tube d, sur la vitesse de propagation du son dans la colonne d'eau v. Il a obtenu les résultats suivants :

d	e	v
mm.	mm.	m.
17,9	0,82	998
11,7	0,63	1046
8,4	0,52	1164
15,0	2,—	1213
11,0	2,—	1281

Le premier de ces tubes qui donne la vitesse la plus faible fut plongé dans l'eau et donna une vitesse un peu plus grande, 1011. La comparaison des résultats fournis par le second et le cinquième tube qui ont presque même diamètre intérieur, confirme la conclusion de MM. Kundt et Lehmann que la vitesse de propagation du son croît avec l'épaisseur des parois du tube. Il n'est point nécessaire, pour la production des figures, avec ce procédé comme avec celui des deux auteurs précités, que l'eau soit purgée d'air. L'air

qui était dissous dans l'eau en est expulsé par le mouvement vibratoire, comme Cagnard-Latour l'avait déjà observé et se trouve réduit à une multitude de petites bulles qui se portent aux nœuds des vibrations.

CHIMIE.

M. Lecoq de Boisbaudran. De l'inégalité d'action des divers isomorphes sur une même solution sursaturée. (*Bulletin de la Société chimique de Paris*, 1875, p. 390.)

Lorsqu'on introduit dans une solution sursaturée divers corps isomorphes de celui qui a servi à préparer la liqueur, on observe que la cristallisation est indistinctement provoquée par ces différents *germes ;* c'est là du moins ce que l'expérience a paru démontrer.

Je me suis demandé cependant si théoriquement on pouvait admettre l'égalité rigoureuse d'action de cristaux ayant même fonction chimique, même forme géométrique et mêmes angles, mais dont les volumes moléculaires, les densités, la composition chimique, ou les autres propriétés ne seraient plus identiques.

Une telle égalité entre les réactions mécaniques [1] de molécules dissemblables, à un titre quelconque, me parut impossible ; je m'arrêtai donc à cette opinion : que deux isomorphes n'agissent d'une façon identique, sur les solutions sursaturées, qu'au delà d'une certaine concentration en dessous de laquelle les deux *germes* doivent offrir des divergences comparables à celles que j'ai signalées entre les différentes faces d'un même cristal [2].

Ceci posé, il fallait instituer une expérience rendant sensibles des différences d'action que je devais supposer extrêmement faibles.

[1] La cristallisation, la dissolution et plus généralement les changements d'état, ne sont au fond que des phénomènes mécaniques.

[2] Voir *Comptes rendus*, 12 octobre 1874, page 866.

Expérience. Le 4 novembre 1868, un octaèdre d'alun chromopotassique, parfaitement régulier, de 25 millimètres environ de diamètre (de pointe à pointe) fut soigneusement mesuré ; je le plaçai ensuite dans une solution légèrement sursaturée d'alun alumino-ammoniacal, rendue basique de façon à donner naturellement de l'alun cubique ; après quelques heures, le cristal se recouvrit d'alun blanc formant une enveloppe octaédrique (avec *traces* de facettes cubiques). Les dimensions (et le poids) du cristal furent de nouveau notées. Afin d'éviter une cristallisation trop rapide, j'avais limité la masse du liquide à un assez petit volume (47 à 48 centimètres cubes environ) ; enfin, le flacon (bouché) avait été placé dans un lieu dont la température ne variait que lentement.

Au bout d'un certain temps, le poids du cristal s'accrut très-notablement et chacune des facettes cubiques acquit une surface dépassant un peu en moyenne deux millimètres carrés [1]. Malgré cette assimilation de substance, les distances entre les pointes opposées de l'octaèdre (égales aux distances entre les centres des facettes cubiques) *n'avaient pas varié.*

a) Donc, le dépôt de matière s'était uniquement effectué sur les faces octaédriques ; il avait été nul sur les faces cubiques. Ainsi, la solution était sursaturée relativement aux faces octaédriques de l'alun alumino-ammoniacal, mais non relativement aux faces cubiques de ce même alun.

Je procédai ensuite à la dilution très-graduelle de la liqueur, soit en y ajoutant de temps en temps quelques gouttes d'eau ; soit en laissant agir les augmentations de température dues à la marche des saisons. De cette façon, j'obtins une fort lente érosion du cristal et un arrondissement de ses angles, surtout autour des pointes où les facettes cubiques perdirent la netteté de leurs contours ; enfin (en juillet 1869), l'octaèdre intérieur d'alun de chrome apparut au centre de plusieurs des facettes cubiques [2].

[1] L'octaèdre primitif d'alun de chrome ne portait pas traces de facettes cubiques.

[2] L'attaque de l'alun blanc était un peu plus marquée au contact

La plus grande solubilité de l'alun de chrome aurait dû, semble-t-il provoquer la dissolution rapide de l'octaèdre intérieur. Loin de là, l'alun alumino-ammoniacal continuant de se dissoudre, les pointes de l'octaèdre d'alun de chrome se trouvèrent bientôt *faire saillie de plusieurs millimètres*, tout en conservant le premier poli de leurs faces [1]. Des arêtes entières de l'octaèdre intérieur furent même plus tard mises à nu sans perdre leur netteté.

b) *Donc, l'alun de chrome ne paraît pas se dissoudre d'une manière appréciable dans une solution simplement saturée d'alun alumino-ammoniacal (solution basique)* [2].

c) *L'alun de chrome ne se dissout même pas, ou ne se dissout qu'insensiblement, dans telle solution assez étendue pour corroder lentement l'alun alumino-ammoniacal, moins soluble cependant.*

La solution ayant ensuite été graduellement concentrée, un notable dépôt eut lieu sur l'alun blanc. Les faces cubiques se reformèrent, mais en s'agrandissant beaucoup, car, encore cette fois, le dépôt de substance n'eut lieu que sur les faces octaédriques de l'alun blanc. Quant aux parties nues de l'octaèdre d'alun de chrome *absolument rien* ne se fixa à leur surface.

d) *Donc, l'alun de chrome ne s'accroît pas par ses faces oc-*

même de l'alun de chrome; aussi, chaque petite pyramide de sel violet s'élevait-elle au centre d'une dépression occupant le milieu des faces cubiques de l'alun blanc.

[1] S'il y a eu dissolution d'alun de chrome, elle a été d'une lenteur extraordinaire, puisqu'une épaisse couche d'alun alumino-ammoniacal a été enlevée au contact de l'alun violet sans que celui-ci ait été sensiblement attaqué, bien qu'exposé pendant de longs mois à l'action d'un liquide s'écartant fort peu en deçà et au delà du point de saturation relatif à l'alun alumino-ammoniacal.

[2] Dans une solution simplement saturée d'alun alumino-ammoniacal *non basique*, un cristal d'alun chromo-potassique se dissout. M. H. Sainte-Claire Deville avait déjà observé ce fait en opérant avec la solution d'alun ordinaire. Je reviendrai sur ce phénomène qui m'a présenté des particularités intéressantes.

taédriques dans une liqueur pouvant encore déposer de l'alun alumino-ammoniacal sur les faces octaédriques de ce dernier sel.

e) Les actions (sur une solution) de deux isomorphes ayant mêmes fonctions chimiques et étant géométriquement égaux ne sont donc pas identiques, puisque la sursaturation ne cesse pas indistinctement au contact de l'un ou de l'autre.

f) Dans les phénomènes de dissolution et de cristallisation, le volume moléculaire, la densité, la composition chimique, la distribution relative des atomes simples ou composés, dans la molécule, et toutes les autres causes de dissemblance possèdent leurs influences spéciales. D'une facon générale, on peut dire que jamais deux corps non absolument identiques n'offriront des réactions physiques ou chimiques strictement les mêmes, quelque voisines qu'elles soient dans certains cas.

g) Les changements d'état éprouvent donc, pour leur accomplissement, une résistance particulière qui fait, notamment, qu'entre la concentration nécessaire pour qu'un cristal (ou une espèce de face) cesse de se dissoudre et celle pour laquelle ce cristal (ou cette espèce de face) commence à s'assimiler de la matière, il y a une marge dont l'étendue est moins restreinte qu'on aurait peut-être été en droit de l'imaginer.

J'étendis ensuite en plusieurs fois l'eau-mère, de façon à mettre à nu des portions considérables des faces octaédriques de l'alun de chrome, lequel ne fut point de la sorte notablement attaqué [1].

Cela fait, je laissai la liqueur se concentrer très-lentement. Il se forma un dépôt d'alun blanc, épais de 5/10 à 6/10 de millimètre, mais ne s'étendant point sur tout l'alun de chrome ; il n'eut lieu que par places, laissant complétement libre bonne part de la surface de l'alun de chrome. L'alun alumino-ammoniacal cristallisa à peu près comme il l'aurait fait

[1] La résistance de l'alun de chrome à l'érosion est encore assez grande, car j'ai seulement obtenu un commencement de dissolution des pointes et de quelques parties des arêtes en ajoutant, d'un coup, 3 grammes d'eau à environ 48 centimètres cubes d'eau-mère déjà à peine saturée relativement à l'alun alumino-ammoniacal.

contre une paroi inerte ne portant de germes isomorphes que çà et là.

C'est dans cet état que le cristal fut récemment retiré de son eau-mère.

L'inégale solubilité des diverses faces d'un même cristal permet d'expliquer le fait suivant : Quand, après avoir mutilé un cristal, on le replace dans une eau-mère qui ne lui abandonnait presque rien, on sait que la cassure se répare et que le cristal revient rapidement à son ancienne forme.

Pour moi, ce phénomène est dû à ce que les nouvelles faces mises à nu par la cassure sont plus stables (s'assimilent plus facilement la matière dissoute) que les faces du cristal intact. Ce sont en effet *constamment* ces dernières qui, de toutes les faces possibles pour le cristal, s'assimilent le plus difficilement la substance dissoute ; c'est là précisément la cause de leur existence, et la raison pour laquelle elles ne se sont pas oblitérées pendant la formation du cristal.

Si donc la liqueur n'est que strictement saturée par rapport aux faces du cristal intact, elle sera inévitablement sursaturée relativement aux faces de la cassure, lesquelles, s'assimilant seules de la matière, s'oblitéreront. *Le cristal peut ainsi se réparer sans qu'aucune substance se dépose sur les faces intactes.*

J'avais autrefois défini la solubilité d'un corps [1] « la quantité que prend le dissolvant, dans des conditions physiques déterminées (température, pression, etc.), en présence d'un excès du corps et du corps seul, dont on cherche à connaître la solubilité. »

Dans l'expression d'une solubilité, il faut en outre avoir égard : 1° *au sens dans lequel a varié la concentration* de la liqueur après l'addition d'un excès de la substance solide (désursaturation d'une solution concentrée ou saturation d'une liqueur étendue) ; 2° indiquer *le système de faces* [2], au-

[1] *Comptes rendus*, 7 juin 1869, page 331.

[2] Si, par exemple, on sature une solution étendue d'alun ordinaire

quel se rapporte la solubilité ; 3° noter *l'espèce d'isomorphe* employé.

Vers 1866, on attribuait ordinairement les effets de sursaturation à des hydratations et déshydratations successives des corps dissous. J'adressai à cette époque à l'Académie des Sciences un court mémoire théorique dans lequel je posais ce principe que la sursaturation était un fait général et s'appliquait à tous les changements d'état [1]. Il en résultait que la condensation d'une vapeur en son solide, ou en son liquide, ne devait pas avoir lieu dans des conditions physiques rigoureusement identiques, suivant la présence ou l'absence d'une trace des produits du changement d'état (liquide ou cristaux). Cela parut trop hypothétique, et ma note fut simplement mentionnée aux Comptes rendus. Je proposai l'expérience à des physiciens distingués qui ne partagèrent point mon opinion. Les travaux de physique moléculaire accom-

rendue basique, ou si l'on désursature une solution concentrée du même sel par contact avec des cubes ou avec des octaèdres *taillés dans le même morceau* d'alun ordinaire (et placés pendant quelque temps dans une solution légèrement sursaturée d'alun ordinaire, basique ou non, afin de bien aligner les faces), on devra obtenir dans les deux cas des liqueurs de concentrations sensiblement inégales ; les isomorphes ajoutés sont cependant parfaitement identiques, dans tous leurs points, quant à leur structure intime, mais ils présentent à la liqueur des faces d'ordre différent. — L'indépendance des diverses faces cristallines dans leurs rapports avec le dissolvant conduit à cette conclusion que, pour chaque ordre de faces, la solubilité est représentée par une courbe qui peut ne point être parallèle à la courbe de tel ou tel autre ordre de faces du même cristal. Il peut donc y avoir croisement de ces courbes et interversion du signe de la solubilité relative de deux ordres de faces.

[1] Aucun cristal ne peut évidemment s'accoître par l'alignement sur ses faces des molécules qu'il soustrait au milieu qui l'entoure, s'il n'existe dans son voisinage une certaine quantité de matière *disponible*, c'est-à-dire dont il peut s'emparer, mais qui ne subirait pas le changement d'état hors de la présence du cristal déjà formé ; autrement, il n'y aurait pas cristallisation, mais dépôt d'une masse amorphe et confuse.

plis depuis quelques années me confirment néanmoins dans ma première pensée. Je n'ai pas encore eu le loisir d'exécuter l'expérience projetée, dont j'ai toutefois à peu près arrêté le plan et dont la réussite me paraît toujours très-probable.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Félix Plateau. Recherches sur les phénomènes de la digestion chez les insectes. (*Mémoires de l'Académie royale de Belgique*, t. XLI, 1874.) Extrait par l'auteur.

Straus-Durckheim, dans son bel ouvrage sur l'anatomie du hanneton, s'exprime ainsi : « Nous n'avons encore que peu « de données sur la manière dont se fait la digestion chez « les animaux articulés ; il paraît toutefois qu'elle présente « des faits assez remarquables, et il serait à désirer qu'on « s'occupât, avec quelque soin, de la physiologie des ani- « maux sans vertèbres, pour tâcher de déterminer par cette « voie la véritable fonction des organes. »

Ce passage renferme une vérité encore plus triste à dire aujourd'hui, si l'on considère l'abîme qui sépare notre connaissance, à peu près complète, des phénomènes digestifs chez les vertébrés supérieurs, de l'ignorance qui règne sur les faits les plus simples de la digestion des Arthropodes.

Mon travail est une réponse, ou plutôt une tentative de réponse, à l'appel de Straus ; j'ai répété en petit ce que tant d'autres ont fait en grand sur des mammifères, nourrissant des articulés, étudiant, souvent pas à pas, les modifications des aliments dans leur tube digestif, analysant les liquides sécrétés par les parois ou les annexes glandulaires de celui-ci, essayant des digestions artificielles, etc.[1].

[1] Le respect de la priorité me fait un devoir de signaler au lecteur que les premiers essais de digestion artificielle à l'aide des liquides digestifs d'un Arthropode ont été faits par M. Emile Blanchard, dans ses recherches sur le scorpion. (Organisation du règne animal. — Arachnides, p. 66.)

Bien que mes recherches embrassent, depuis plusieurs années, l'ensemble du groupe, je n'ai cru pouvoir livrer en ce moment à la publicité que ce qui concerne les insectes[1]; je le fais avec la confiance que donne tout travail poursuivi minutieusement, mais aussi avec la conviction de poser un simple jalon pour des études ultérieures.

Mes observations, et surtout mes expériences, m'ont conduit à une série de résultats parmi lesquels il y en a qui sont en complet désaccord avec ce que l'on trouve exposé dans les traités classiques récents. Pouvait-il en être autrement? Les auteurs des ouvrages dont je parle n'avaient devant eux, en fait de matériaux, que des données presque exclusivement anatomiques, dont ils ont tiré, en se basant sur des analogies de formes, un parti aussi bon qu'il leur était possible.

Afin d'être bref, je me bornerai à un extrait du résumé qui termine mon travail : .....Lorsque les *glandes salivaires* ne sont point détournées de leur rôle primitif pour devenir des glandes séricigènes, des glandes à venin, etc., elles sécrètent un liquide neutre ou alcalin, possédant, au moins pour l'une des paires de glandes, la propriété caractéristique de la salive des vertébrés, de transformer rapidement les aliments féculents en glucose soluble et assimilable.

Dans un grand nombre de cas (insectes carnassiers, orthoptères, etc.), l'œsophage se dilate en un *jabot* terminé par un appareil valvulaire étroit. Les aliments, plus ou moins divisés par les pièces buccales, s'accumulent dans ce jabot, qui est très-dilatable, y sont imprégnés par des liquides particuliers, neutres ou alcalins, et y subissent une action digestive évidente, ayant pour résultat : chez les insectes carnassiers, la transformation des matières albuminoïdes en substances solubles et assimilables analogues aux peptones; chez les insectes qui se nourrissent de matières végétales, une

[1] Les phénomènes de la digestion chez les Myriapodes, les Arachnides, les Crustacés, feront l'objet de publications successives.

production abondante de sucre aux dépens de la fécule. Cette digestion dans le jabot est très-lente et, tant qu'elle n'est pas terminée, la suite du tube digestif reste vide.

Lorsque la digestion dans le jabot a pris fin, les matières soumises à une pression énergique de la part des parois de cet organe, glissent ou filtrent, petit à petit, au travers de l'*appareil valvulaire* (gésier des auteurs), dirigées par les sillons et les saillies chitineuses de celui-ci. L'appareil valvulaire n'est point un organe triturateur auxiliaire des pièces buccales, car, chez les coléoptères carnassiers et les locustiens, où il affecte une forme classique, les matières animales ou végétales qui l'ont traversé se retrouvent, après le passage, en parcelles de même forme et grandeur qu'avant l'opération.

Chez les insectes qui n'ont ni jabot ni appareil valvulaire, les aliments passent d'une manière continue dans l'intestin moyen.

Dans l'*intestin moyen* (ventricule chylifique des auteurs), les matières alimentaires qui ont résisté à l'action du jabot ou qui y ont pénétré directement, chez les insectes où le jabot et l'appareil valvulaire manquent, sont soumises à l'action d'un liquide alcalin ou neutre, *jamais acide*, sécrété, soit par des glandes locales spéciales, soit par un simple revêtement épithélial. Il n'a aucune analogie avec le suc gastrique des vertébrés; sa fonction est différente suivant le groupe auquel l'insecte appartient : chez les coléoptères carnassiers, il émulsionne activement les graisses; chez les coléoptères hydrophiliens il continue la transformation de la fécule en glucose commencée dans l'œsophage; chez les scarabéiens, il donne lieu à la glucose aussi, mais cette action est locale, elle se passe dans l'intestin moyen et pas ailleurs; chez les chenilles de lépidoptères, il détermine une production de glucose et, de plus, émulsionne les graisses; enfin, chez les orthoptères herbivores, il ne semble plus y avoir formation de sucre dans l'intestin moyen; ce corps serait produit et absorbé en totalité dès le jabot.

L'intestin moyen se vide en général lentement et d'une manière continue dans l'*intestin terminal*, dont la première portion ordinairement grêle et longue est très-probablement le siége d'une absorption active. Le revêtement épithélial des parois chez certaines espèces, semble cependant indiquer qu'il peut s'y passer aussi des phénomènes digestifs secondaires. La réaction du contenu est neutre ou alcaline.

La seconde portion plus large de l'intestin terminal ne joue que le rôle de réservoir stercoral. Elle est accompagnée, par exemple chez les coléoptères dytiscides, les nèpes, les ranatres, d'un cœcum volumineux; ce dernier n'est point une vessie natatoire, ainsi qu'on l'a dit plusieurs fois; vide ou plein de liquide, il ne renferme jamais de gaz; le produit liquide sécrété par les tubes de Malpighi vient s'y accumuler et, dans certaines circonstances, y déposer des calculs qui peuvent être très-volumineux.

Quelques substances résistent au travail digestif et sont rendues avec les excréments; telles sont : la chitine des téguments des insectes, la cellulose végétale et la chlorophylle. Le micro-spectroscope permet de retrouver cette dernière à toutes les hauteurs dans le tube digestif des insectes herbivores.

Les insectes n'ont rien qui ressemble aux chylifères; les produits de la digestion, sels dissous, peptones, sucre en solution, graisses émulsionnées, traversent les tuniques relativement minces du tube digestif par un phénomène osmotique, et se mêlent, extérieurement à ce tube, au sang, dont des courants réguliers circulent le long des lignes ventrales et latérales du corps.

Les *tubes de Malpighi* sont des organes exclusivement dépurateurs et urinaires, débarrassant le corps des produits d'usure des éléments organiques. Le liquide qu'ils sécrètent renferme de l'urée (douteux), de l'acide urique et des urates abondants, de l'acide hippurique (douteux), du chlorure de sodium, des phosphates, du carbonate de calcium, de l'oxalate de calcium en quantité, de la leucine, des matières colorantes.

Quant aux glandes dites *anales*, le produit qu'elles secrètent est très-variable suivant les groupes, mais il n'a aucun rôle à jouer dans la digestion et n'est pas non plus urinaire.

BOTANIQUE.

GRISEBACH. LA VÉGÉTATION DU GLOBE D'APRÈS SA DISPOSITION SUIVANT LES CLIMATS. Traduit de l'allemand par P. de Tchihatchef, correspondant de l'Institut de France. 2 vol. (Paris, 1875, 1er fascicule.)

L'important ouvrage de M. Grisebach a été annoncé dans les Archives au moment de sa publication (1872, vol. 43, p. 199). Nous n'avons donc pas à revenir ici sur l'intérêt qu'il présente, et qui, quelque opinion qu'on puisse avoir sur la division en régions adoptée par l'auteur, sera toujours considérable aux yeux de toute personne s'intéressant à l'histoire naturelle. M. de Tchihatchef a donc rendu aux savants français un service signalé en mettant à leur portée un travail qui, dans l'édition originale, n'est pas toujours très-facile à comprendre. Nous ne pouvons qu'être très-reconnaissants à l'éminent traducteur d'avoir entrepris et mené à bien une tâche dans l'accomplissement de laquelle il a dû souvent rencontrer de sérieuses difficultés. Non content de rendre fidèlement le texte allemand, M. de Tchihatchef l'a complété par de nombreuses notes, les unes tirées de ses propres ouvrages, les autres relatives à des ouvrages parus après celui de M. Grisebach. Nous devons nous borner à annoncer une notice sur la flore italienne, due à M. le professeur Parlatore, et qui, insérée à la fin du premier volume (nous n'avons encore entre les mains qu'un fascicule) complétera les données de l'auteur allemand sur la région méditerranéenne.

M. M.

SULLA FUNZIONE..... DU ROLE DES CULTURES AMÉLIORANTES, par le professeur Gaëtano Cantoni, président de la Société lombarde d'agriculture. Milan, 1874.

M. le professeur Cantoni a cherché, dans cette brochure, à expliquer d'une manière claire et précise le rôle des cultures dites améliorantes, telles que le trèfle, la luzerne, etc. Si, après ces plantes, le cultivateur peut espérer une belle récolte de froment avec peu ou pas d'engrais, cela ne peut pas provenir de l'azote atmosphérique qu'elles auraient absorbé directement et fixé dans le sol; les expériences si concluantes de M. Boussingault l'ont bien prouvé. Tous les végétaux, sans exception, empruntent au sol les éléments de leur croissance et ne lui rendent rien directement; mais d'un autre côté toutes les cultures laissent dans le champ qui les a portées différents résidus, racines, fragments de tiges, feuilles, etc. Ce sont uniquement ces résidus qui restituent au sol une partie des éléments de sa fertilité, et toute culture qui en laissera beaucoup, laissera par là même le champ mieux préparé pour produire une nouvelle récolte. C'est ce qui arrive, par exemple, pour la luzerne, qui laisse par hectare plus de 10,000^{k} de matière sèche (153^{k} d'azote), tandis que le blé n'en laisse que 3,905 (26,5 d'azote).

L'auteur insiste aussi sur l'état dans lequel se trouvent les racines dans le sol; lorsqu'elles sont encore vivantes, pleines de sève (comme c'est en général le cas pour la luzerne), elle fournissent une proportion de matière organique beaucoup plus considérable; par exemple, deux récoltes de trèfle coupées, l'une après 18 mois de végétation, lorsque la plante était encore pleine de sève, l'autre après 24 mois, les plantes étant presque sèches, fournirent, en résidu dans le sol, la première 70^{k},430 d'azote, et la seconde seulement 33^{k},690.

M. M.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE MAI 1875.

Le 1er, orage l'après-midi; depuis 2h on entend le tonnerre au S.-O., l'orage passe vers 3½h au-dessus de l'observatoire, et l'on entend encore des tonnerres lointains jusqu'à 6h.

2, pluie le matin, clair le soir.

3, rosée le matin,

4, éclairs le soir au S.-O.

6, rosée le matin,

9, idem.

11, forte bise toute la journée.

14, hâle dans l'après-midi.

15, idem.

16, idem.

18, depuis 6h du soir éclairs et tonnerres au S.-O.; l'orage passe le long du Jura à l'Ouest de l'observatoire, forte pluie de 7 à 9h.

21, rosée le matin,

22, idem; le soir éclairs au N.-E.

23, à 6h matin éclairs et tonnerres au Sud; un second orage a lieu à 3½ après-midi.

25, rosée le matin.

27, forte bise qui se lève à 8h matin, et qui dure jusqu'au lendemain à la même heure.

31 à 5¼ soir éclairs et tonnerres au S.-O.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm
Le 1 à 10 h. soir	727,91
4 à 8 h. et 10 h. matin	728,38
8 à 8 h. matin	729,92
12 à 8 h. matin	734,64
20 à 8 h. matin	727,67
24 à 8 h. matin	734,30
31 à 10 h. soir	726,43

MINIMUM.	mm
Le 1 à 2 h. après midi	724,83
3 à 4 h. après midi	725,55
6 à 6h. soir	724,96
9 à 6 h. soir	725,42
18 à 2 h. après midi	721,83
21 à 4 h. après midi	724,76
30 à 2 h. après midi	716,58

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent domi-nant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm
1	726,00	+ 1,27	+13,83	+ 2,88	+ 7,6	+22,5	7,66	+0,79	654	— 58	450	930	8,8	9	variable	0,68	11,9	+ 0,9	96,9
2	726,89	+ 2,13	+13,63	+ 2,53	+10,7	+18,6	7,91	+0,97	698	— 14	420	900	...	...	SSO. 1	0,56	—	—	101,5
3	726,43	+ 1,64	+13,25	+ 2,01	+ 5,0	+21,0	6,52	—0,49	585	—128	350	810	...	...	SSO. 1	0,43	11,5	+ 0,3	103,0
4	727,80	+ 2,98	+13,67	+ 2,29	+12,3	+17,1	7,96	+0,88	698	— 15	510	820	...	...	N. 1	0,73	11,7	+ 0,3	106,0
5	727,40	+ 2,55	+11,42	— 0,10	+10,2	+15,9	8,06	+0,91	814	+101	560	900	0,1	1	NNE. 1	0,56	12,7	+ 1,2	106,8
6	726,09	+ 1,20	+13,46	+ 1,80	+ 7,0	+20,0	7,98	+0,76	694	— 19	500	910	...	...	variable	0,57	13,1	+ 1,4	107,8
7	726,72	+ 1,79	+13,06	+ 1,26	+10,6	+16,0	9,02	+1,73	805	+ 92	640	850	3,8	5	SSO. 1	0,93	12,7	+ 0,9	106,7
8	729,23	+ 4,26	+14,87	+ 2,92	+ 8,2	+23,4	8,91	+1,55	708	— 5	420	910	...	...	N. 1	0,29	11,7	— 0,2	111,7
9	727,23	+ 2,22	+17,18	+ 5,09	+ 9,3	+26,0	9,49	+2,05	663	— 50	250	870	...	...	N. 1	0,18	—	—	113,0
10	728,05	+ 3,00	+18,57	+ 6,34	+13,5	+24,9	8,87	+1,35	575	—138	270	680	...	...	SSO. 1	0,88	13,7	+ 1,5	113,0
11	734,21	+ 9,06	+14,00	+ 1,63	+12,2	+17,6	8,24	+0,64	707	— 7	540	800	...	...	NNE. 2	0,37	13,8	+ 1,4	121,7
12	733,55	+ 8,35	+14,26	+ 1,75	+10,2	+19,1	7,04	—0,64	599	—115	380	740	...	..	N. 1	0,17	13,7	+ 1,2	121,8
13	730,97	+ 5,72	+15,52	+ 2,86	+ 7,7	+23,3	7,73	—0,03	596	—118	370	750	...	...	NNE. 1	0,20	13,8	+ 1,1	126,8
14	730,93	+ 5,63	+17,02	+ 4,22	+ 9,8	+23,0	8,21	+0,37	579	—135	420	790	...	...	N. 1	0,06	14,5	+ 1,7	128,6
15	729,83	+ 4,48	+17,54	+ 4,60	+10,4	+23,2	9,02	+1,11	609	—105	440	810	...	...	N. 1	0,09	14,7	+ 1,8	130,2
16	728,01	+ 2,61	+18,69	+ 5,61	+11,2	+25,1	8,78	+0,80	566	—148	280	800	...	...	N. 1	0,18	—	—	136,0
17	725,53	+ 0,08	+19,46	+ 6,24	+12,0	+26,7	9,26	+1,21	564	—150	370	760	...	...	SSO. 1	0,64	14,7	+ 1,5	138,2
18	723,15	— 2,35	+18,08	+ 4,71	+13,8	+24,0	8,95	+0,83	617	— 96	350	930	10,0	4	SSO. 2	0,71	14,5	+ 1,1	140,5
19	724,16	— 1,39	+12,04	— 1,47	+ 9,4	+16,9	9,12	+0,93	890	+177	730	960	16,8	10	SSO. 1	0,99	8,7	— 4,8	148,2
20	727,25	+ 1,66	+12,99	— 0,66	+ 8,1	+18,1	8,26	0,00	743	+ 30	510	950	...	...	N. 1	0,32	9,7	— 3,9	154,7
21	726,13	+ 0,50	+15,72	+ 1,93	+ 7,9	+21,8	8,84	+0,51	663	— 50	500	890	...	...	N. 1	0,10	10,7	— 3,1	157,6
22	728,24	+ 2,57	+20,01	+ 6,09	+12,2	+27,4	9,70	+1,30	577	—136	350	820	...	...	variable	0,41	13,7	— 0,2	159,8
23	732,67	+ 6,96	+17,88	+ 3,83	+14,7	+22,9	11,81	+3,34	779	+ 66	600	870	3,7	2	variable	0,72	—	—	161,3
24	733,70	+ 7,95	+17,13	+ 2,95	+12,6	+21,5	10,24	+1,70	709	— 4	530	830	...	...	NNE. 2	0,30	15,8	+ 1,6	164,8
25	731,77	+ 5,98	+18,27	+ 3,96	+11,9	+23,1	10,90	+2,29	688	— 25	500	850	...	...	N. 1	0,17	16,6	+ 2,3	169,6
26	727,07	+ 1,24	+17,58	+ 3 13	+13,0	+23,0	8,86	+0,18	600	—112	400	880	..	...	N. 1	0,13	16,7	+ 2,2	170,8
27	725,63	— 0,24	+12,69	— 1,89	+ 8,6	+17,0	5,57	—3,18	532	—180	380	770	...	...	NNE. 2	0,03	17,3	+ 2,7	174,7
28	723,94	— 1,97	+12,14	— 2,58	+ 5,3	+17,2	5,52	—3,30	535	—177	360	670	...	...	N. 1	0,04	16,7	+ 2,0	175,8
29	719,51	— 6,44	+14,61	— 0,24	+ 7,8	+20,6	7,64	—1,24	619	— 93	430	780	...	...	N. 1	0,49	16,8	+ 1,9	175,9
30	717,08	— 8,91	+17,80	+ 2,82	+12,0	+23,1	9,38	+0,43	621	— 91	390	760	...	...	N. 1	0,62	—	—	177,0
31	722,70	— 3,33	+17,24	+ 2,13	+14,8	+24,7	10,49	+1,47	743	+ 31	470	920	6,3	2	NNE. 1	0,80	17,6	+ 2,5	176,1

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1875.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	727,46	727,62	727,61	727,27	726,68	726,48	726,61	727,33	727,79
2e »	729,38	729,40	729,16	728,81	728,18	727,91	727,91	728,37	728,61
3e »	726,84	726,92	726,57	726,32	725,68	725,36	725,30	725,80	726,35
Mois	727,86	727,94	727,74	727,43	726,81	726,55	726,56	727,12	727,54
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+11,14	+13,48	+15,67	+16,81	+18,14	+18,31	+17,73	+15,33	+13,55
2e »	+12,61	+15,81	+17,45	+18,71	+20,14	+20,08	+18,72	+16,63	+15,09
3e »	+13,05	+15,53	+17,32	+19,30	+20,56	+21,04	+19,47	+17,80	+16,10
Mois	+12,28	+14,96	+16,83	+18,31	+19,65	+19,85	+18,67	+16,62	+14,95
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	7,89	8,45	8,43	8,75	8,06	7,71	8,12	8,53	8,51
2e »	8,61	8,78	8,57	8,51	8,29	7,91	8,09	8,87	8,83
3e »	9,09	8,99	8,75	8,83	8,73	8,99	9,23	9,33	9,33
Mois	8,55	8,75	8,59	8,70	8,37	8,23	8,50	8,93	8,90
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	803	737	641	622	530	508	544	658	737
2e »	788	654	587	535	489	469	524	647	700
3e »	801	673	585	523	476	476	539	605	675
Mois	797	687	604	559	498	484	536	635	703

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1er décade	+ 9,44	+20,54	0,58	+12,38	12,7	106,6
2e »	+10,48	+21,70	0,37	+13,12	26,8	134,7
3e »	+11,01	+22,03	0,35	+15,77	10,0	169,4
Mois	+10,33	+21,44	0,43	+13,81	49,5	138,0

Dans ce mois, l'air a été calme 1,4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,70 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 12°,1 O., et son intensité est égale à 35,48 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MAI 1875.

Le 2, brouillard pendant quelques heures.
4, idem.
5, neige et brouillard; le ciel s'éclaircit le soir. La neige tombée fondait à mesure.
7, pluie et brouillard presque tout le jour.
10, brouillard pendant une partie de la journée.
11, brouillard tout le jour.
17, pluie, brouillard; averse de grêle de 2 h. à 4½ h.
19, pluie, brouillard.
21, brouillard le matin de bonne heure.
23, brouillard le soir.
26, brouillard le matin et le soir.
27, idem.
29, neige et brouillard tout le jour.
30, brouillard une partie de la journée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à 8 h. matin	566,52	Le 3 à 6 h. matin	563,92
4 à 2 h. après midi	566,02	5 à 2 h. et 4 h. après midi	564,72
12 à 10 h. matin	571,46	19 à 6 h. matin	563,77
24 à 10 h. matin	572,68	30 à 10 h. matin	559,12
31 à 10 h. soir	565,81		

SAINT-BERNARD. — MAI 1875.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim			
1	566,17	+ 3,45	565,79	566,52	+ 3,63	+ 5,06	+ 0,8	+ 9,4	.....	.....	....	NE. 1	0,34
2	564,42	+ 1,60	564,07	564,78	+ 1,45	+ 2,73	— 1,5	+ 7,0	.....	.....	....	variable	0,57
3	564,64	+ 1,72	563,92	565,37	+ 1,09	+ 2,23	— 3,5	+ 4,8	.....	.....	....	NE. 1	0,16
4	565,69	+ 2,67	565,17	566,02	+ 1,47	+ 2,47	— 0,5	+ 5,0	.....	.....	....	NE. 1	0,77
5	564,80	+ 1,69	564,72	565,02	— 0,50	+ 0,36	— 1,6	+ 3,3	.....	8,0.	....	NE. 1	0,76
6	565,57	+ 2,37	564,84	565,94	+ 2,45	+ 3,17	— 2,4	+ 6,6	.....	.....	....	NE. 1	0,34
7	565,78	+ 2,48	565,32	566,46	+ 0,73	+ 1,31	+ 0,2	+ 3,1	.....	7,3.	....	SO. 1	0,93
8	568,75	+ 5,35	567,31	569,44	+ 4,00	+ 4,44	— 1,8	+ 7,6	.....	.....	....	NE. 1	0,24
9	568,84	+ 5,34	568,77	569,12	+ 7,12	+ 7,42	+ 4,8	+11,0	.....	.....	....	NE 1	0,19
10	568,92	+ 5,32	567,91	570,49	+ 4,88	+ 5,04	+ 4,4	+ 7,5	.....	.....	....	SO. 1	0,88
11	570,82	+ 7,13	570,34	571,28	+ 2,78	+ 2,80	+ 2,0	+ 5,3	.....	.....	....	NE. 1	0,88
12	571,07	+ 7,28	570,79	571,46	+ 4,52	+ 4,40	+ 2,2	+ 7,9	.....	.....	....	NE. 1	0,19
13	569,93	+ 6,04	569,55	570,39	+ 3,57	+ 3,31	+ 1,1	+ 7,1	.....	.....	....	NE. 1	0 29
14	570,44	+ 6,45	569,85	570,73	+ 5,10	+ 4,70	+ 2,7	+ 8,4	.....	.....	....	NE. 1	0,17
15	570,13	+ 6,04	570,00	570,32	+ 5,82	+ 5,29	+ 3,4	+ 9,1	.....	.....	....	NE. 1	0,23
16	569,35	+ 5,17	568,73	570,47	+ 6,60	+ 5,94	+ 3,3	+11,0	.....	.....	....	NE. 1	0,30
17	566,93	+ 2,65	565,74	568,10	+ 5,42	+ 4,62	+ 4,3	+ 8,5	.....	7,4.	....	NE. 1	0,84
18	564,89	+ 0,51	564,12	565,32	+ 4,26	+ 3,33	+ 3,4	+ 8,0	.....	12,3.	....	variable	0,84
19	563,05	— 1,43	563,77	562,58	+ 1,22	+ 0,16	— 1,1	+ 5,5	110	12,2.	....	variable	0,89
20	565,63	+ 1,06	564,04	567,03	+ 3,56	+ 2,37	— 2,6	+ 6,7	.....	.....	....	NE. 1	0,12
21	567,60	+ 2,94	567,07	568,62	+ 5,31	+ 3,99	+ 1,6	+ 8,6	.....	.....	....	NE. 1	0,14
22	570,35	+ 5,59	569,38	571,12	+ 8,16	+ 6,71	+ 4,0	+11,6	.....	.....	....	SO. 1	0,17
23	571,95	+ 7,09	571,10	572,50	+ 5,81	+ 4,23	+ 4,0	+ 9,2	.....	.....	....	SO. 1	0,72
24	572,50	+ 7,55	572,29	572,68	+ 7,19	+ 5,48	+ 5,3	+10,0	.....	.....	....	variable	0,29
25	571,67	+ 6,63	571,03	572,04	+ 7,53	+ 5,70	+ 4,4	+11,2	.....	....	....	NE. 1	0.33
26	567,03	+ 1,90	565,54	568,60	+ 4,42	+ 2,47	+ 2,5	+ 8,0	.....	.....	....	NE. 1	0,61
27	562,37	— 2,86	562,07	563,14	— 2,28	— 4,35	— 8,0	+ 2,0	.....	.....	....	NE. 1	0,79
28	561,94	— 3,38	561,48	562,56	+ 2,55	+ 0,36	— 3,4	+ 8,0	.....	.....	....	variable	0,26
29	561,08	— 4,33	560,53	561,66	+ 0,20	— 2,11	— 1,4	+ 3,6	60	5,0.	....	variable	0,93
30	559,87	— 5,63	559,12	561,35	+ 3,10	+ 0,67	0,0	+ 7,0	.....	.....	....	NE. 1	0,72
31	563,89	— 1,70	561,71	565,81	+ 5,61	+ 3,06	+ 2,0	+ 8,8	.....	.....	....	NE. 1	0,56

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1875.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	565,96	566,18	566,26	566,42	566,40	566,42	566,46	566,66	566,85
2e »	568,19	568,32	568,34	568,39	568,32	568,13	568,17	568,25	568,27
3e »	566,22	566,29	566,38	566,45	566,51	566,42	566,37	566,51	566,69
Mois	566,77	566,91	566,97	567,07	567,06	566,97	566,97	567,12	567,25
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 0,32	+ 2,84	+ 4,38	+ 5,45	+ 5,77	+ 5,68	+ 3,49	+ 1,59	+ 1,46
2e »	+ 2,39	+ 5,29	+ 6,56	+ 7,12	+ 6,92	+ 5,92	+ 4,51	+ 3,99	+ 3,16
3e »	+ 1,75	+ 5,38	+ 6,05	+ 7,56	+ 7,35	+ 6,41	+ 4,90	+ 3,62	+ 3,23
Mois	+ 1,49	+ 4,53	+ 5,67	+ 6,74	+ 6,70	+ 6,02	+ 4,32	+ 3,08	+ 2,64

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade	— 0,11	+6,53	0,52	15,3	—
2e »	+ 1,87	+ 7,75	0,48	31,9	110
3e »	+ 1,00	+ 8,00	0,50	5,0	60
Mois	+ 0,92	+ 7,45	0,50	52,2	170

Dans ce mois, l'air a été calme 0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,28 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 54,84 sur 100.

* Voir la note du tableau.

LES VERTÉBRÉS FOSSILES

DES

MAUVAISES TERRES DU NEBRASKA, ETC.

(Suite [1].)

Les vertébrés tertiaires du Nebraska ont fait l'objet d'une première publication par M. Leidy, en 1853, dont les Archives ont rendu compte dans le temps [2]. Depuis lors, M. Leidy lui-même, M. Cope et M. Marsh ont écrit un grand nombre de courts articles sur le même sujet, qui sont épars dans plusieurs recueils américains, tels que le *Journal de Silliman,* les *Proceedings* de la Société de Philadelphie, l'*American naturalist,* etc. Quoiqu'il ne m'ait pas encore été possible de collecter et de mettre en ordre tous ces matériaux, je serai en mesure de présenter dans les pages qui suivent les faits les plus intéressants, renvoyant le lecteur, pour plus amples détails, aux mémoires originaux publiés dans les journaux susnommés de 1870 à 1875.

Mammifères. — M. le professeur Marsh a communiqué à l'Académie du Connecticut (17 février 1875) la description de nouveaux types de mammifères éocènes dont il forme un ordre distinct sous le nom de *Tillodontia.* Ces

[1] Voy. *Archives*, t. LII, p. 218 (mars 1875.)

[2] Giebel, Sur la faune tertiaire de l'Amérique du Nord. *Archives*, mai 1860.

animaux sont peut-être les plus remarquables qui aient été découverts dans le tertiaire américain; ils semblent combiner les caractères de différents groupes, à savoir : les carnivores, les ongulés et les rongeurs. Dans le genre Tillotherium de Marsh, type de l'ordre, le crâne a la forme générale de celui de l'ours, mais, par sa structure, il se rapproche de celui des ongulés. Les molaires appartiennent à ce dernier type; les canines sont petites, et chaque mâchoire est pourvue de deux incisives scalpriformes recouvertes d'émail en avant, et croissant d'une pulpe persistante comme celles des rongeurs. La dentition des adultes est : in. $= \frac{2}{2}$, $c = \frac{1}{1}$, p. m. $= \frac{3}{2}$, m. $= \frac{3}{3}$. L'articulation de la mâchoire inférieure avec le crâne correspond à celle des ongulés. L'ouverture postérieure des narines est en arrière des dernières molaires. Le cerveau était petit et avait quelques circonvolutions. Le squelette se rapproche beaucoup de celui des carnivores, principalement des ursides, mais les os lunaire et scapulaire ne sont pas unis, et il y a un troisième trochanter au fémur. Le cubitus et le radius, le tibia et le péroné sont distincts. Les pieds sont plantigrades, à cinq doigts, terminés par de longues phalanges comprimées et pointues, quelque peu semblables à celles des ours. Cet ordre des *Tillodontes* se divise en deux familles, celle des *Tillothérides*, dont les incisives larges croissaient d'une pulpe persistante, tandis que les molaires avaient des racines, et celle des *Stylinodontes*, dont toutes les dents étaient sans racines. Quelques-uns des animaux de ce groupe atteignaient la taille du tapir. Les Tillodontes ne semblent se rapprocher ni des *Hyrax*, ni des *Toxodontia*.

Quadrumanes. — Les premiers singes tertiaires trouvés dans l'Amérique du Nord furent décrits par M. Marsh,

en 1872, sous les noms génériques de Limnotherium, Thinolestes et Telmatolestes, formant la famille des Limnothérides, de Mesacodon, Bathrodon et Antiacodon. Plusieurs autres genres décrits par M. Leidy (Notharctos, Hipposyus, Microsyops, Palæacodon), mais classés dans d'autres ordres, se trouvent être de véritables primates.

Les Limnothérides se rangent parmi les quadrumanes inférieurs. Les parties principales du squelette les rapprochent des Lémurs, tandis que les mâchoires ressemblent assez à celles des Marmousets. Le nombre des dents est plus grand que celui d'aucun autre quadrumane. Le cerveau était presque lisse, le cervelet gros et placé principalement en arrière du cerveau. Les orbites sont ouvertes en arrière, et le trou lacrymal est en dehors de l'orbite.

Tout dernièrement, M. Marsh vient de décrire les genres *Lemuravus* (44 dents), voisin du G. *Hyopsodus* Leidy, de la taille d'un gros écureuil; et Laopithecus, connu par une mâchoire inférieure seulement. Ce singe était probablement de la taille d'un Coati, et sa dentition très-voisine de celle des Limnothérides éocènes. Le Laopithèque appartient au Miocène des Mauvaises-Terres, tandis que le Lemuravus provient de l'Eocène inférieur du Wyoming.

Herbivores. — Les ongulés[1] ont fourni un riche contingent de formes nouvelles et intéressantes. Quelques

[1] Je rappellerai ici que les naturalistes anglais remplacent généralement la classification cuviérienne des herbivores terrestres par la suivante :

A. Ordre des *Ongulés* divisé en deux sous-ordres, les *Artiodactyles* (ruminants et porcins de P. Gervais) et les *Perissodactyles* (chevaux, rhinocéros et tapir).

B. Ordre des *Proboscidiens*.

Quelques auteurs établissent en outre un ordre des *Toxodontia* pour les *Nesodon* et les *Toxodon* (éteints), et un autre (*Hyracidea*) pour le enre *Hyrax*.

espèces atteignaient une taille considérable, la plupart appartiennent à des genres éteints, propres à l'Amérique du Nord, et même à des ordres nouveaux (Tillodontes et Dinoceras). Les descriptions publiées jusqu'à présent indiquent une faune qui ne le cédait en rien au point de vue du nombre et de la diversité, à celle de l'Europe tertiaire. Plusieurs des espèces décrites par M. Leidy et M. Marsh montrent une fois de plus combien est limitée l'application rigide du principe de la corrélation des formes à la reconstruction des espèces éteintes. Enfin, comme on le verra plus tard, un grand nombre de formes intermédiaires entre celles déjà décrites ont été ajoutées à celles qu'ont fait connaître MM. Lartet, Gaudry et d'autres; en particulier, les types qui relient les chevaux aux quadrupèdes à un plus grand nombre de doigts ont été heureusement découverts et mis en lumière. Sans m'astreindre à suivre un ordre zoologique rigoureux, je vais faire connaître les genres les plus intéressants de la faune des Montagnes Rocheuses.

Les rhinocéros semblent avoir existé en Amérique dès la fin de la période éocène; ils se retrouvent aussi plus nombreux dans le miocène et le pliocène de l'Orégon. Outre les rhinocéros proprement dits représentés par plusieurs espèces, dont une assez petite, on a trouvé un autre genre, le Dyceratherium, pourvu de deux cornes placées en travers, comme celles des bœufs, près de l'extrémité des os nasaux.

Mais de tous les animaux fossiles trouvés dans les tertiaires des Montagnes Rocheuses, il n'y en a point de plus remarquables, les Tillodontes exceptés, que les énormes mammifères décrits sous le nom de *Dinoceras* et *Tinoceras*. Ils égalaient l'éléphant en grosseur, et leurs membres

ressemblaient à ceux des proboscidiens. Mais leur crâne présente une combinaison remarquable de caractères. Ce crâne est long et étroit; il supportait trois paires de cornes; le sommet en est profondément concave, et il y a une crête énorme le long des bords latéraux et postérieurs. Les maxillaires supérieurs portaient deux énormes canines courbes semblables à celles du morse, mais les incisives étaient absentes. Les six molaires et prémolaires étaient petites. Les orbites étaient placés tout à fait en arrière des plus fortes cornes. Celles-ci étaient attachées aux maxillaires et non pas au frontal. L'os malaire complétait l'arcade zygomatique, ce qui ne se rencontre dans aucun proboscidien. Comme il a été dit plus haut, les membres du Dinoceras ressemblaient beaucoup à ceux de l'éléphant; cependant ils étaient proportionnellement plus courts; les jambes de devant semblent plus épaisses que celles de derrière. Quelques autres différences dans la forme des os rapprochent un peu les dinoceras des périssodactyles. Les vertèbres et les côtes sont aussi assez semblables à celles de l'éléphant et du mastodonte, mais il n'y a rien de proboscidien dans le crâne; au contraire, la présence de cornes rangées par paires, l'absence d'incisives supérieures, et l'existence des canines rappellent les ruminants. D'un autre côté les cornes nasales, la structure de la partie antérieure du crâne, la forme des molaires, l'existence de l'arcade zygomatique, etc., montrent des affinités avec les perissodactyles. Les cornes nasales étaient probablement cutanées et plus petites que celles du rhinoceros; les cornes attachées aux maxillaires étaient coniques, plus allongées et plus fortes; enfin, celles de la troisième paire étaient probablement plates ou même rameuses.

M. Marsh pense que les caractères différentiels que nous avons signalés ont une valeur ordinale et, par conséquent, propose la création d'un ordre des *Dinocerata*.

Les Dinoceras appartenaient à la période éocène; le miocène nourrissait une famille assez semblable de gros herbivores à cornes, quelques-uns de la taille de l'éléphant. C'étaient les *Brontothérides*, comprenant les genres *Titanotherium*, Leidy (= *Menodus*, Pomel[1]), *Megacerops*, Leidy, *Brontotherium*, Marsh, et *Anisacodon*, Marsh. Les animaux de ce groupe présentent aussi une combinaison de caractères artiodactyles, perissodactyles et proboscidiens.

Chevaux. — Huxley a tracé, en 1870, la généalogie du cheval à travers une série de formes européennes éteintes, parmi lesquelles l'hipparion ; mais, d'après M. Marsh, la ligne de descendance en Amérique était plus directe, et la collection plus complète. Partant des extrêmes de la série, l'*Orohippus agilis* de l'éocène, et l'*Equus fraternus* du quaternaire, les formes intermédiaires suivantes s'intercalent très-naturellement : Miohippus et Anchitherium du miocène, Anchippus, Hipparion, Protohippus et Pliohippus du pliocène. Les changements les plus marqués que les genres successifs d'équidés ont subi sont les suivants :

1° *Augmentation de taille.* — L'Orohippus avait la taille d'un renard, le Miohippus et l'Anchitherium du miocène étaient gros comme un mouton, l'Hipparion et le Pliohippus du pliocène égalaient l'âne, tandis que le cheval quaternaire égalait le cheval actuel.

2° *Augmentation de vitesse.* — Celle-ci est très-marquée, et elle est le résultat direct de la modification gra-

[1] *Bibl. univ. de Genève*, t. X, p. 75, Janvier 1849.

duelle des membres. Ces derniers subirent une concentration graduelle par la réduction de leurs éléments latéraux et l'accroissement de l'élément axial. Par exemple, l'Orohippus avait quatre doigts aux membres antérieurs et le troisième était plus robuste que les autres; dans le Miohippus ce nombre est réduit à trois, tout comme dans l'Hipparion, avec cette différence que dans le dernier les doigts latéraux sont plus réduits que dans Miohippus, enfin, chacun sait que, dans le cheval vrai, la réduction est portée encore plus loin.

3° Élongation de la tête et du cou, modification du crâne et de la dentition.

M. Marsh a décrit cinq espèces nouvelles d'Orohippus, une d'Antitherium, deux de Mesohippus, deux de Protohippus, deux de Pliohippus, et une d'Anchippus.

Volume du cerveau des mammifères tertiaires. — M. Marsh a fait aussi des remarques très-intéressantes sur ce sujet; le savant professeur s'est borné surtout à l'examen des gros herbivores, et il est arrivé aux faits que voici :

Les mammifères éocènes avaient un petit cerveau. Dans les Dinoceras, dont la taille égalait presque celle de l'éléphant, la capacité de la cavité crânienne était, au plus, un huitième de celle du rhinocéros indien. Dans le Brontotherium qui remplaça le dinoceras, cette cavité est déjà plus grande; elle égale celle du rhinocéros. Le mastodonte du pliocène de l'Ouest, quoique très-peu plus gros que le brontotherium, présente un cerveau beaucoup plus volumineux, quoique plus petit encore que celui de nos éléphants. Il en est de même avec les ongulés tapiroïdes éocènes comparés aux rhinocéridés miocènes et aux espèces modernes. Une progression semblable paraît exister

parmi les jumentés, depuis l'Orohippus jusqu'au cheval, passant par les formes intermédiaires. Enfin, la même observation s'applique encore à d'autres groupes.

Pour terminer cette revue générale, nous dirons que les porcins étaient aussi représentés dans la faune tertiaire des Montagnes Rocheuses par plusieurs formes nouvelles plus ou moins voisines des pécaris.

Oiseaux. — Comme on le sait, la classe des oiseaux a laissé bien peu de traces dans les couches crétacées de l'Europe; si je ne me trompe, deux espèces seulement ont été décrites jusqu'à présent. L'Amérique du Nord est plus riche sous ce rapport, puisque l'on connaît déjà treize espèces du grès vert de New-Jersey et des marnes du Kansas, sans compter dix-huit espèces tertiaires et quaternaires, presque toutes découvertes par M. Marsh.

Les oiseaux crétacés sont très-intéressants ; ils forment deux groupes bien distincts : l'un comprend les formes alliées aux types modernes, l'autre constitue la classe des *Odontornithes* ou oiseaux à dents. Les trois espèces connues du dernier groupe appartiennent à l'ordre des Ichthyornithes, caractérisé par des vertèbres biconcaves et la présence de dents aux mâchoires. Ils font une transition intéressante aux reptiles. Les oiseaux du premier groupe sont représentés par deux genres voisins des râles et des courlis (cinq espèces), et par six espèces de palmipèdes : les unes étaient très-voisines du cormoran, une autre de très-grande taille (le squelette avait cinq pieds neuf pouces de long) appartenait à une famille très-voisine des *Colymbidæ;* enfin le *Laornis Edwardianus* était aussi gros qu'un cygne.

M. DELAFONTAINE.

Chicago, mai 1875.

(*La suite prochainement.*)

SUR

LA DIFFUSION HYGROMÉTRIQUE

(DEUXIÈME MÉMOIRE)

PAR

M. L. DUFOUR
Professeur de Physique à l'Académie de Lausanne.

Dans un précédent mémoire [1], j'ai montré qu'une cloison de terre poreuse qui sépare deux masses d'air dans des états hygrométriques différents est traversée par un double courant de diffusion. Le courant qui va de l'air plus sec à l'air plus humide est plus abondant que l'autre. Si la cloison poreuse constitue, en tout ou en partie, la paroi d'un vase fermé, il se produira, entre ce vase et l'espace ambiant, une différence permanente de pression. La pression sera plus forte à l'intérieur si l'intérieur du vase est plus humide; elle y sera moins forte si c'est l'extérieur qui est plus riche en vapeur. La différence de pression qui se produit et qui se maintient entre les deux faces de la cloison poreuse dépend de la différence des tensions de la vapeur aqueuse de part et d'autre de cette cloison; elle lui est à peu près proportionnelle. — On peut admettre que la différence de pression qui se produit diminue celui des deux courants de diffusion qui

[1] *Recherches sur la diffusion entre l'air sec et humide* dans le *Bulletin de la Soc. vaud. des Sc. nat.* N° 72, 1874; *Archives*, 1874, tome XLIX, p. 316.

est le plus abondant et accroît l'autre. Il s'établit bientôt un état stationnaire correspondant à une différence Δp des pressions pour laquelle les deux courants ont, à chaque instant, une intensité égale. Cette quantité Δp se maintient fixe tant que la différence des conditions hygrométriques se conserve la même des deux côtés de la paroi poreuse.

Si la pression demeure égale des deux côtés, la différence des courants de diffusion devient appréciable par un excès de déplacement gazeux dirigé de l'air plus sec vers l'air plus humide.

Dans les pages qui suivent, on trouvera quelques faits nouveaux relatifs à cette diffusion entre l'air sec et l'air humide que j'appellerai dorénavant, pour abréger, la *diffusion hygrométrique.*

Comme dans les premières expériences, j'ai disposé la cloison poreuse de telle sorte qu'elle constituât, en tout ou en partie, la paroi d'un vase qui pouvait être fermé et relié à un manomètre. Dans ce vase, et par conséquent sur l'une des faces de la cloison poreuse, on entretenait de l'air sec ou de l'air humide tandis que l'espace ambiant était entretenu dans un état hygrométrique différent. Afin de pouvoir varier l'état hygrométrique de l'air ambiant, j'ai continué à faire un fréquent usage de ce qui est désigné, dans le premier mémoire, sous les noms de *cylindre humide* et de *cylindre sec.* Le premier est un vase cylindrique de verre revêtu, sur sa face interne, de deux doubles de papier brouillard plongeant dans une couche d'eau de 8 à 10^{mm} qui recouvre le fond. Le second est un cylindre qui a reçu une couche de quelques millimètres d'acide sulfurique concentré. L'un et l'autre étaient soigneusement fermés jusqu'au moment où ils devaient

servir dans une expérience. Peu de temps avant de les employer, on avait soin de les incliner et de les tourner quelques instants de telle sorte que soit l'eau, soit l'acide sulfurique vinssent mouiller les parois intérieures. L'un de ces vases fournissait donc une atmosphère très-humide et l'autre une atmosphère desséchée. J'ai d'ailleurs montré que ces atmosphères n'étaient ni absolument saturées, ni complétement privées de vapeurs d'eau [1].

Le tube qui reliait le vase à cloison poreuse avec le manomètre était pourvu, sur son trajet, d'un robinet (R) à trois voies. Par la manœuvre de ce robinet, on pouvait établir ou exclure la communication avec l'air extérieur et par conséquent permettre aux pressions intérieure et extérieure de s'équilibrer ou de différer l'une de l'autre.

Diffusion à travers des plaques de marbre.

1. — Les essais ont été faits à l'aide de deux plaques de marbre de Carrare de 5^{mm} d'épaisseur. Ces plaques étaient parfaitement blanches, d'une texture saccharoïde très-homogène et très-compacte. L'une d'elles était polie sur l'une des faces ; les autres faces étaient mates quoique bien unies.

Chaque plaque a été mastiquée sur le bord de la large ouverture d'un entonnoir de 85^{mm} de diamètre ; la surface qui intervenait dans la diffusion était donc de 5539^{mm} carrés. Au col de l'entonnoir venait s'adapter le tube qui communiquait avec le manomètre et sur le trajet duquel se trouvait le robinet R.

Afin de pouvoir entretenir sur l'un des côtés de la plaque de marbre, dans l'intérieur de l'entonnoir, une

[1] *Recherches sur la diffusion, etc.*, p. 34.

atmosphère très-humide, j'ai employé le procédé suivant qui a été utilisé également dans les expériences dont il sera question plus bas.— Plusieurs fragments d'éponge, gros comme de petites noisettes, ont été traversés par un fil de fer rigide, Le premier morceau d'éponge était attaché à environ 10^{mm} de l'extrémité du fil ; les autres suivaient, formant ainsi une sorte de chapelet. Ce chapelet ayant été plongé dans de l'eau puis convenablement débarrassé de son excès de liquide, était introduit, par le col, dans l'intérieur de l'entonnoir. L'extrémité du fil de fer venait appuyer contre la plaque de marbre qui n'était point touchée par les éponges. On avait ainsi, dans le volume de l'entonnoir, un corps mouillé offrant une grande surface à l'évaporation et retenant assez le liquide qui l'imbibait pour que ce liquide ne risquât pas de couler le long des parois du verre ou sur la cloison de marbre.

En laissant l'entonnoir à l'air libre, en le suspendant dans le cylindre sec ou dans le cylindre humide, on plaçait les deux faces de la plaque de marbre en contact avec des atmosphères dans des états hygrométriques différents. Lorsque l'entonnoir était dans un des cylindres, on avait soin de garnir l'ouverture, autour du col, avec une épaisse couche de coton destinée à diminuer l'effet des variations de la température ambiante et, en même temps, à empêcher l'air extérieur de venir trop facilement se mélanger à l'air très-sec ou très-humide du cylindre.

2. — Voici maintenaut quelques-unes des expériences faites.

A. Plaque de marbre dont la surface polie était à l'in-

térieur de l'entonnoir, lequel avait été pourvu du chapelet d'éponges humides. Température de 18°.

L'entonnoir a été installé dans le cylindre humide.

La pression augmenta de $1^{mm},3$ durant six minutes, puis elle se maintint à peu près constante durant huit minutes et diminua ensuite très-lentement jusqu'à devenir la même qu'à l'extérieur. — Le cylindre humide fut alors remplacé par le cylindre sec. La pression augmenta lentement; elle atteignit $+ 9^{mm},1$ au bout de trente minutes. — Le cylindre sec fut de nouveau remplacé par le cylindre humide ; on laissa les pressions intérieure et extérieure s'équilibrer par la manœuvre du robinet à trois voies, puis le robinet fut de nouveau tourné de manière à exclure la communication avec l'air extérieur. La pression demeura plusieurs minutes stationnaire puis elle baissa faiblement. Après une heure, elle était de $- 1^{mm},5$.

B. Mêmes opérations que ci-dessus : Température : 21°.

L'entonnoir fut placé dans le cylindre humide.

La pression diminua un peu et atteignit environ $0^{mm},9$ après dix minutes. — On remplaça le cylindre humide par le cylindre sec. La pression augmenta. Elle s'accrut de $+ 10^{mm},7$ durant une heure. On enleva alors le cylindre sec, laissant l'entonnoir à l'air libre. La pression cessa de s'accroître pour diminuer lentement.

C. L'entonnoir, pourvu du chapelet d'éponges, a été installé dans le cylindre sec et y a été laissé durant une nuit. Après quinze heures, on trouva que le manomètre indiquait un excès de pression de $+ 17^{mm},4$; il varia de moins d'un millimètre pendant une nouvelle heure d'ex-

position. On enleva alors le cylindre sec et on laissa l'entonnoir à l'air libre. La pression baissa immédiatement. — La température était de 24°.

D. L'entonnoir a été débarrassé du chapelet d'éponges pendant plusieurs jours ; il a été laissé ouvert et a dû par conséquent renfermer de l'air à l'état hygrométrique ambiant. On le relia au manomètre puis on l'abandonna à l'air libre. La pression diminua de quelques dixièmes de millimètres en douze minutes, puis revint à sa valeur normale. On amena autour de l'entonnoir le cylindre sec. La pression augmenta lentement et atteignit $+ 2^{mm},7$ après quatorze minutes. — On enleva le cylindre sec et on le remplaça par le cylindre humide. Il se produisit alors une diminution de pression de $- 4^{mm},3$ en vingt-sept minutes. — Température : 16 à 17°.

E. Plaque de marbre à surface mate. Entonnoir pourvu du chapelet d'éponges mouillées. Température de 20°. — Après onze minutes d'exposition à l'air libre (état hygrométrique 0,67 d'après les indications d'un psychromètre voisin) la pression augmenta de $+ 3^{mm},2$. — On laissa les pressions intérieure et extérieure s'équilibrer, puis on plaça l'entonnoir dans le cylindre humide. La pression diminua lentement et atteignit $- 0^{mm},3$ à $- 0^{mm},4$ après douze minutes. — Le cylindre humide fut remplacé par le cylindre sec, la communication laissée libre avec l'extérieur durant huit minutes, puis le robinet R fut fermé. La pression augmenta de $+ 13^{mm},3$ en vingt minutes. — Une nouvelle exposition dans le cylindre humide, suivie d'une autre dans le cylindre sec, donnèrent des résultats parfaitement conformes à ceux qui viennent d'être indiqués. — Température : 21°.

F. Le même entonnoir que ci-dessus, pourvu du chapelet d'éponges, fut abandonné durant deux heures dans le cylindre sec. Au bout de ce temps, il y avait un excès de pression de $+ 19^{mm}$ qui se maintenait remarquablement constant. Le cylindre sec fut remplacé par le cylindre humide ; la pression diminua et n'était plus que de $+ 3^{mm}$ après une heure.

G. L'entonnoir, avec la plaque de marbre non poli, débarrassé du chapelet d'éponges, a été placé durant cinq jours sous une cloche, à côté d'une soucoupe remplie d'acide sulfurique concentré. L'air intérieur a donc dû se dessécher beaucoup. — L'appareil a été retiré, relié au manomètre, puis installé dans le cylindre humide. La pression a peu varié d'abord ; durant les premières minutes il il y a eu plutôt un accroissement de 1 à $1^{mm},2$. Mais le mouvement du manomètre n'a pas tardé à se produire en sens inverse et, après quatre heures, il y avait une diminution de pression de $- 5^{mm},3$.

Beaucoup d'autres expériences pareilles à celles qui viennent d'être indiquées, et que je crois superflu de rapporter en détail, ont donné des résultats semblables. Toutes ces expériences sont analogues à celles qui ont été faites avec les vases de terre poreuse et qui se trouvent décrites dans mon premier mémoire. Les résultats sont les mêmes quant au sens de la variation de pression et je crois inutile de reproduire ici les motifs déjà développés précédemment pour prouver que ces variations ne sont pas dues à des changements de température [1].

3. — Si l'on examine les détails des expériences qui

[1] *Recherches sur la diffusion, etc.*, p. 13.

précèdent, on reconnaîtra bientôt que les variations de la pression s'expliquent toujours en admettant qu'il y a, à travers les plaques de marbre, un excès de diffusion allant de l'air plus sec vers l'air plus humide. — Le marbre jouit donc, sous ce rapport, de la propriété qui a été constatée avec les vases de terre poreuse.

Je dois ajouter, à la conclusion qui précède et aux expériences décrites plus haut, les quelques remarques suivantes :

La variation de pression due à la diffusion hygrométrique se produit beaucoup plus lentement à travers les plaques de marbre qu'à travers les lames de terre poreuse précédemment étudiées. Il faut un temps bien plus long pour arriver au maximum de différence de pression.

Des essais dans lesquels j'ai fait diffuser, à travers les mêmes plaques de marbre, de l'air et de l'hydrogène ou de l'air et du gaz d'éclairage ont aussi montré une diffusion beaucoup plus lente que celle qui s'observe entre les mêmes gaz à travers les cloisons de terre poreuse.

Les expériences avec le marbre ont souvent fourni, pendant quelques instants, l'anomalie suivante. — Lorsque la plaque était amenée dans le cylindre sec, on observait, dans les premières minutes, une pression constante ou même une pression un peu diminuée. C'est au bout d'un temps plus ou moins long, quatre à huit minutes, que la pression commençait à s'accroître. Lorsque la plaque de marbre avait séjourné quelque temps dans le cylindre sec et qu'on remplaçait ce dernier par le cylindre humide, on observait aussi, dans les premiers moments, un fait analogue, mais inverse, c'est-à-dire que la pression augmentait d'abord pour diminuer seulement au bout de quelques minutes. — Il me paraît très-probable

que ces anomalies sont dues à une condensation de vapeur ou à une dessiccation dont est le siége la surface des plaques de marbre, dans les premiers moments qui succèdent à leur immersion dans le cylindre humide ou dans le cylindre sec. Cette condensation ou cette dessiccation s'accompagnent d'un réchauffement ou d'un refroidissement qui peut influer assez sur l'air renfermé dans l'entonnoir pour neutraliser et au delà l'effet produit par la diffusion. Mais cette influence-là ne doit se manifester que dans les premiers moments et l'inégalité des courants de diffusion hygrométrique finit toujours par déterminer une pression plus forte du côté où l'air est le plus humide [1].

Diffusion hygrométrique à travers le gypse.

4. — J'ai coulé sur une surface plane une couche de gypse, puis j'ai découpé dans cette couche, avec un entonnoir de 65^{mm} de diamètre, un disque qui a fait prise en fermant l'entonnoir et en adhérant parfaitement à sa face intérieure, près du bord. Ce disque avait environ 7^{mm} d'épaisseur.

Des expériences tout à fait semblables à celles dont il vient d'être question avec les plaques de marbre ont été

[1] L'anomalie dont il est ici question ne se produit pas avec les parois de terre poreuse et je ne l'avais pas remarquée dans les expériences du premier mémoire. On comprend, en effet, que si la diffusion hygrométrique est rapide, elle doit, dès les premiers instants, avoir une influence prépondérante, et la faible différence de pression qui proviendrait du changement de température est dissimulée par la différence plus considérable qui résulte de l'inégalité des courants de diffusion. C'est seulement avec les cloisons poreuses fournissant une très-lente diffusion que l'influence d'un changement de température peut être manifestée dans les premiers moments.

entreprises avec cette paroi de gypse. Les résultats ont été très-nets et montrent que, à travers le gypse également, il y a une double diffusion entre l'air sec et l'air humide, et que le courant le plus abondant va du premier au second. — En saturant d'humidité l'atmosphère intérieure de l'entonnoir avec le chapelet d'éponges mouillées, puis en laissant cet entonnoir à l'air libre ou en l'introduisant dans le cylindre sec, on obtient toujours une augmentation de pression. — Les mêmes essais ont été répétés en employant une autre lame de gypse d'environ 8^{mm} d'épaisseur formant le fond d'une bouteille ordinaire qui avait été coupé par une section perpendiculaire à son axe. — Ces expériences présentent, entre autres, les caractères suivants :

Lorsque l'air est au même degré d'humidité de part et d'autre de la lame, on ne peut pas entretenir longtemps une différence de pression sur les deux faces. La substance est si perméable aux gaz que l'équilibre s'établit beaucoup plus promptement que quand on emploie la terre poreuse des vases de pile ou les plaques de marbre mentionnées plus haut. — Lorsque l'une des faces de la lame de gypse est exposée à l'air libre, non saturée de vapeur, tandis que l'autre est en contact avec un air saturé, il s'établit et il se maintient une dépression du côté où l'air est saturé. Lorsqu'une des faces de la lame de gypse est plongée dans le cylindre sec, cette différence de pression est plus considérable que lors de l'exposition à l'air libre.

Les différences de pression dont il vient d'être question demeurent toujours plus faibles que celles qui ont été observées avec les vases de terre poreuse et avec les plaques de marbre. Dans des conditions très-favorables,

c'est-à-dire avec un air saturé de vapeur d'un côté et très-desséché de l'autre, et à une température de 22 à 23°, la différence de pression était de $1^{mm},7$ à $1^{mm},8$ pour la première lame de gypse et de $1^{mm},5$ pour l'autre. Ces petites différences de pression se sont d'ailleurs montrées très-constantes lorsque les conditions hygrométriques étaient maintenues constantes aussi de part et d'autre de la paroi poreuse.

Contrairement à ce qui a été observé avec les lames de marbre, ces différences de pression se produisent très-rapidement et atteignent en quelques secondes la valeur sensiblement fixe qui dépend de la quantité de vapeur en contact avec les deux faces de la paroi poreuse. Ainsi, l'entonnoir à plaque de gypse étant installé dans le cylindre sec, le robinet à trois voies étant ouvert pour laisser les pressions intérieure et extérieure s'équilibrer, dès que la communication avec l'extérieur est supprimée la pression augmente d'une manière appréciable et en moins de vingt secondes elle atteint sa valeur constante. Si l'on ouvre de nouveau le robinet R, les pressions intérieure et extérieure s'égalisent pour reparaître dès que ce robinet est fermé. En quelques minutes, on peut ainsi voir naître un grand nombre de fois cette différence de pression.

A travers le gypse donc, les courants de diffusion hygrométrique se manifestent très-promptement par une différence de pression ; mais grâce à la grande porosité de la substance, une petite différence de pression suffit pour que ces deux courants soient égaux et pour que les pressions ne changent plus.

Diffusion hygrométrique à travers le charbon.

5. — Dans une épaisse plaque de charbon de cornue, on a scié quelques lames ayant de 3 à $3^{mm},5$ d'épaisseur. Trois de ces lames, celles qui parurent les plus homogènes et sans fissures, furent fixées avec de la cire à l'extrémité de cylindres de verre de 30 à 50^{mm} de diamètre.

Après avoir reçu le chapelet d'éponges mouillées, un de ces cylindres était fermé par un bouchon tubulé, puis relié au manomètre. En le plongeant dans le cylindre sec, on exposait l'une des faces de la lame de charbon à une atmosphère desséchée, tandis que l'autre était en contact avec un air chargé de vapeur d'eau.

Les résultats ont été sûrement semblables à ceux qui ont été fournis par les corps poreux précédents ; mais cependant moins nets et plus lents à se produire. Par des températures de 18 à 22° et alors que de part et d'autre de la cloison de charbon la différence de la tension de la vapeur d'eau était de 13 à 14^{mm}, l'inégalité des courants de diffusion déterminait des différences de pression de 1 à $1^{mm},7$ suivant les lames.

On a observé d'ailleurs, avec le charbon, la même irrégularité que celle qui a été remarquée avec le marbre. Lorsque la paroi poreuse était plongée dans le cylindre sec, par exemple, il se manifestait, dans les premiers moments, une diminution de pression au manomètre et c'est après quelques minutes seulement que la pression augmentait et finissait par dépasser celle qui régnait à l'extérieur. Ainsi que cela a été dit précédemment, cette irrégularité est très-probablement due à une évaporation

dont la face externe de la cloison poreuse était le siége par suite de son exposition dans un air très-sec. Il y avait abaissement momentané de température et par suite diminution de pression dans l'appareil.

Les plaques de charbon dont il s'agit ici offraient d'ailleurs très-nettement la diffusion entre des gaz de nature différente, ainsi entre l'air et le gaz d'éclairage. Mais cette diffusion était lente et faible. En plongeant la face externe de la lame dans une atmosphère de gaz d'éclairage, il se produisait, dans le tube, un lent accroissement de pression qui atteignit un maximum de 15 à 18^{mm} d'eau. Dans des circonstances semblables et avec une même épaisseur, les cloisons de terre poreuse fournissaient un excès de pression au moins vingt fois plus fort.

Diffusion hygrométrique à travers l'albâtre.

6. — Une plaque d'albâtre de 5^{mm} d'épaisseur, bien homogène et bien blanche, à surface lisse mais non polie, a été soumise aux mêmes expériences que les plaques de marbre. — Les résultats ont été souvent irréguliers et influencés par la condensation qui se produisait à la surface externe de la plaque poreuse plongée dans le cylindre humide ou à l'évaporation dans le cylindre sec. Mais, en somme, lorsque l'appareil était exposé soit à l'air libre, soit dans le cylindre sec, pendant plusieurs heures et dans un local où la température ne variait pas d'une manière sensible, il se produisait nettement un accroissement de pression qui ne me paraît pas pouvoir être attribué à une autre cause qu'à l'inégale diffusion entre l'air sec et l'air humide. Mais la diffusion est si lente à travers l'albâtre que les autres causes qui peuvent faire varier la pression,

et notamment les variations de la température, ont une influence prépondérante. Il faut donc prendre la précaution d'abandonner l'appareil assez longtemps pour que les conditions de chaleur demeurent constantes en même temps que persistent les circonstances qui peuvent provoquer une diffusion hygrométrique.

La plaque d'albâtre employée avait une porosité très-faible. Lorsque, par le moyen du robinet à trois voies, on produisait dans l'appareil une pression plus forte ou plus faible que la pression ambiante, l'équilibre ne se rétablissait qu'avec une extrême lenteur. Cette plaque cependant fournissait nettement une diffusion entre l'air et l'hydrogène ou l'air et l'acide carbonique ; mais les courants de diffusion de ces gaz étaient environ quinze fois plus lents qu'à travers les plaques de marbre d'épaisseur égale.

Influence de la grandeur de la surface poreuse sur la variation de la pression qui peut être produite par la diffusion hygrométrique.

7. — J'ai employé comme paroi diffusante la paroi d'un des vases poreux mentionnés dans le précédent mémoire (cylindre de 220^{mm} de longueur, de 40^{mm} de diamètre et de $3^{mm},6$ d'épaisseur de paroi). Ce vase, fermé par un bouchon à deux ouvertures, était relié d'une part au manomètre à eau et, d'une autre part, à un flacon (F) de verre vide. Le tube aboutissant au manomètre était pourvu du robinet R.

Le tube reliant le vase poreux au flacon F avait un robinet, R′, qui permettait d'établir ou de supprimer la communication entre ces deux vases. Le vase F était enveloppé de coton et plongé dans un grand cylindre de bois,

afin de diminuer l'influence des variations de la température ambiante.

Le vase poreux recevait un godet de verre, à moitié rempli d'eau, dans lequel plongeait un paquet de mousseline formant mèche. Ce vase se trouvait ainsi rempli d'air très-humide. En l'abandonnant à l'air libre, moins riche en vapeur d'eau, ou en l'introduisant dans le cylindre sec, on provoquait une diffusion hygrométrique qui déterminait un accroissement de pression intérieure.

Voici comment les expériences ont été dirigées: Le vase poreux étant, par exemple, abandonné à l'air libre, on fermait le robinet R'. Le volume intérieur de l'appareil se composait donc seulement du vase poreux lui-même et des tubes aboutissant au manomètre. La pression augmentait et atteignait bientôt le maximum dépendant de la tension de la vapeur aqueuse de part et d'autre de la paroi. On ouvrait alors le robinet à trois voies pour permettre la communication avec l'extérieur et pour établir l'équilibre des pressions. On ouvrait le robinet R', puis on supprimait de nouveau la communication avec l'extérieur. La diffusion se produisait maintenant à travers la même paroi poreuse, mais avec un volume intérieur de l'appareil composé du vase, des tubes et du flacon F. — Après cette deuxième opération, on laissait les pressions intérieure et extérieure s'équilibrer, puis on fermait le robinet R' et on se trouvait dans les mêmes conditions qu'au début, etc.

Dans le tableau suivant, les trois premières colonnes renferment: le numéro de l'expérience; le temps (approximativement) qui s'est écoulé depuis l'instant où la communication avec l'extérieur a été supprimée jusqu'au moment où la pression n'a plus changé d'une manière sen-

sible ; la grandeur de l'excès de pression produite dans l'appareil.—Le vase poreux était exposé à l'air libre dont la température était 18° et la tension de vapeur aqueuse 13mm,4.—Les expériences 1, 3, 5, 7 et 9 sont celles où le vase poreux était seul; les numéros 2, 4, 6, 8 sont celles où il communiquait avec le flacon F. Entre 5 et 6 a eu lieu une interruption d'environ une demi-heure.

On trouvera dans le même tableau I, comme second exemple, une série semblable à la précédente mais où le flacon F était remplacé par un autre, F′, environ quatre fois plus volumineux.

Dans les expériences 1, 3, 5, 7, 9 et 11 (colonne 4me) le vase poreux était seul; dans les expériences 2, 4, 6, 8 et 10 il communiquait avec F′. Dans les expériences 1 à 5, le vase poreux était exposé à l'air libre dont la température était 19°,5 et la tension de vapeur 12mm,1. Dans les expériences 6 à 11, le vase poreux était immergé dans le cylindre sec.

Tableau I.

Nos	Temps	Pression	Nos	Temps	Pression
	m	mm		m	mm
1	1 3/4	+ 3,9	1	2 1/2	+ 4,9
2	3	3,7	2	9	4,7
3	2	4,0	3	2 1/4	5,0
4	4 1/4	3,6	4	10 1/2	4,6
5	2 1/2	3,9	5	2 1/2	4,8
6	4	3,2	6	6 1/2	13,2
7	2 1/4	3,4	7	2	13,7
8	4 1/2	3,3	8	6	12,6
9	2 1/4	3,5	9	2 1/4	12,8
			10	6 1/2	11,1
			11	2	11,2

J'ai exécuté plusieurs autres séries analogues à celles dont les résultats sont indiqués dans le tableau I; il me paraît superflu de les rapporter en détail.

Le volume du vase poreux seul (après déduction de la partie entrante du bouchon et du godet renfermant l'eau) et des tubes aboutissant au manomètre, était de 208 centimètres cubes. Le volume du vase F, augmenté du tube qui y aboutissait, était de 302^{cc}; celui du vase F′ et du tube était de 1130^{cc}.

D'après ces chiffres donc, la *même* paroi diffusante fonctionnait pour des volumes de :

208^{cc} dans les expériences 1, 3, 5, 7, 9 et 11 des deux séries ;

510^{cc} dans les expériences 2, 4, 6 et 8 de la première série ;

1318^{cc} dans les expériences 2, 4, 6, 8 et 10 de la seconde série ;

C'est-à-dire pour des volumes proportionnels à 1 : 2,5 et 6,4.

8. — Les renseignements numériques qui précèdent, rapprochés des chiffres du tableau I, conduisent aux conclusions suivantes :

Lors de la diffusion hygrométrique à travers une cloison poreuse, le temps nécessaire pour que la différence de pression maximum soit atteinte dépend de la grandeur du volume fermé qui est partiellement limité par cette cloison. Ce temps est d'autant plus grand que le volume est plus considérable; mais il n'y a pas proportionnalité. Rapporté à l'unité de volume, le temps nécessaire pour obtenir la pression maximum est d'autant plus petit que le vase est plus considérable.

La différence de pression que la diffusion est capable de produire de part et d'autre de la cloison poreuse est à peu près la même, malgré de grandes différences dans le volume du vase, pourvu que les conditions hygrométriques demeurent constantes. On remarque cependant, dans les expériences successives, de petites différences en faveur du volume le plus petit. Dans sa deuxième série, à partir du n° 6, la pression atteinte allait graduellement en diminuant, sans doute parce que l'atmosphère du cylindre s'enrichissait petit à petit de vapeur d'eau à mesure que le vase poreux y demeurait plus longtemps. — La pression un peu moins forte qui se remarque quand le vase poreux était relié à F ou F′ peut provenir de ce que, dans ce cas, le volume d'air extérieur qui devait entrer pour produire une différence de pression $\triangle p$ était plus grand que quand le vase poreux était seul. Cet air étant moins chargé de vapeur d'eau devait contribuer à diminuer l'humidité de celui qui était à l'intérieur. Il en résulte que la diffusion se produisait entre des atmosphères moins différentes au point de vue hygrométrique ; elle devait donc déterminer une différence de pression moins grande.

9.— D'après les résultats qui viennent d'être obtenus, on doit prévoir que si la paroi d'un vase est en grande partie imperméable, mais qu'une très-petite portion soit poreuse et susceptible de fournir une diffusion, il pourra se produire, après un temps assez long, une différence de pression entre ce vase et l'extérieur si les conditions hygrométriques ne sont pas les mêmes au dedans et au dehors.

Pour vérifier cette conjecture, j'ai pris un flacon de

verre présentant un volume d'environ 37^{cc} ayant le fond percé d'une ouverture d'environ 2^{mm} de diamètre. Cette ouverture a été fermée à l'aide d'une lame de terre poreuse convenablement cimentée sur son bord. Le flacon a reçu, dans son intérieur, un chapelet d'éponges mouillées, puis il a été relié au manomètre et observé pendant une exposition à l'air libre ou pendant qu'il était plongé dans le cylindre sec. Les résultats ont été conformes aux prévisions. La pression augmentait très-lentement toutes les fois que le robinet R excluait la communication avec l'air extérieur et cette pression atteignait un maximum dépendant de l'état de sécheresse de l'air ambiant. Mais le temps nécessaire pour atteindre ce maximum était considérable eu égard à la faible capacité du flacon. Voici quelques exemples :

Le flacon a été introduit dans le cylindre sec, et après 47 minutes la pression avait atteint $+ 13^{mm},5$. Température 18°. — Le flacon a été abandonné à l'air libre dont la température était de 20° et la tension de vapeur d'eau $12^{mm},1$. La pression s'est lentement accrue et a atteint $+ 3^{mm},7$ après 56 minutes. — Un autre jour, immersion dans le cylindre sec. La pression s'éleva jusqu'à $+ 8^{mm},6$ après 78 minutes. — Etc.

Il suit de là qu'un appareil fermé et qui renferme une atmosphère à un état hygrométrique autre que celui de l'air ambiant présentera de lentes variations de pression s'il y a quelque point, même très-limité, de son enveloppe qui soit poreux et jouisse de propriétés diffusantes.

Influence de l'épaisseur de la paroi poreuse sur l'activité de la diffusion hygrométrique.

10. — Afin de savoir quelle est l'influence de l'épais-

seur de la paroi poreuse, au moins entre certaines limites, sur l'activité de la diffusion hygrométrique, j'ai fait fabriquer trois groupes de vases poreux d'épaisseurs inégales, mais formés d'une terre la même pour tous. Ces vases avaient la même capacité intérieure que celui qui est mentionné au § 7. Ils avaient été fabriqués avec soin ; pour un même vase, la paroi était très-sensiblement partout de même épaisseur. Voici les épaisseurs :

Vase	A $3^{mm},3$	D $5^{mm},1$	F $9^{mm},1$
»	B $3^{mm},1$	E $6^{mm},1$	G $9^{mm},6$
»	C $3^{mm},1$		

11. — J'ai d'abord voulu voir s'il y avait, entre des vases de même épaisseur, une différence quant à la capacité diffusante, différence qui aurait pu provenir de ce que la terre n'aurait pas été absolument la même ou aurait subi inégalement l'influence de la cuisson. — Voici quelques essais.

Les vases A B C ont été pourvus d'un godet d'eau avec chapelet d'éponges mouillées, puis reliés au manomètre et exposés à l'air libre ou dans le cylindre sec. On a obtenu, comme pression maximum :

	Air libre.	Cylindre sec.
A	$2^{mm},8$	$8^{mm},3$
B	$2^{mm},8$	$8^{mm},4$
C	$2^{mm},9$	$8^{mm},4$

Un autre jour, et dans des conditions hygrométriques un peu différentes de l'air ambiant :

D	$1^{mm},6$	$6^{mm},2$
E	$1^{mm},6$	$6^{mm},1$

On voit que les vases de même épaisseur donnent des résultats convenablement concordants.

On peut donc présumer que les différences qui se manifesteront avec des épaisseurs différentes dépendront bien de l'épaisseur et non de quelque inégalité dans la substance même des vases.

12. — Dans une première série d'observations, on a cherché à déterminer quelle est, pour chaque épaisseur, la différence maximum de pression qui peut s'atteindre et se maintenir entre les deux faces de la paroi poreuse sous l'influence de la diffusion hygrométrique. — L'intérieur des vases était toujours pourvu d'un godet d'eau avec chapelet d'éponges. L'extérieur était exposé à l'air libre ou dans le cylindre sec, dans des circonstances de température et d'humidité aussi égales que possible pour les divers vases.

On trouvera, dans le tableau II, les résultats obtenus. Les expériences n°s 1, 2, 3, etc., ont été faites dans des jours différents. Les pressions de la colonne I ont été observées avec les vases B ou C ; celles de la colonne II, avec E ou D, et celles de la colonne III, avec F ou G. Les colonnes 5me et 6me renferment les rapports des pressions I à II ou I à III. — Comme les vases F et G diffèrent sensiblement dans leur épaisseur, j'ai distingué par un astérisque les résultats obtenus avec G.

Tableau II.

N°	I	II	III	I/II	I/II	
	mm	mm				
1	7,5	5,8	mm	1,29		$t=19°$ ds le cyl. sec.
2	2,8	2,2	1,7	1,28	1,65	$t=18°,5$ à l'air libre.
3	2,2	1,8	1,4	1,22	1,57	$t=18°$ à l'air libre.
4	7,3	6,0	4,5	1,22	1,62	$t=19°,5$ ds le cyl. sec.
5	2,2	1,7	1,4	1,30	1,57	$t=17°$ à l'air libre
6	6,6	5,4	4,0	1,22	1,65	$t=17°$ ds le cyl. sec.
7	3,4	. .	2,1	. ,	1,62	$t=20°$ à l'air libre.
8	3,4	. .	1,9*	. .	1,78	» » »
9	8,5	. .	5,3	. .	1,60	$t=21°$ ds le cyl. sec.
10	8,5	. .	5,2*	. .	1,63	» » »
11	2,8	2,1	1,6*	1,33	1,75	$t=18°,5$ à l'air libre.
12	8,1	6,1	4,8*	1,33	1,69	$t=19°$ ds le cyl. sec.
		Moyennes		1,27	1,61	
					1,71	

En jetant les yeux sur ce tableau, on voit immédiatement que la différence de pression qui peut se produire et se maintenir sous l'influence de la diffusion hygrométrique dépend de l'épaisseur de la paroi. Plus la paroi est épaisse et moins la différence de pression est considérable.

Les rapports moyens entre I et II ; I et III sont inscrits au bas des colonnes 5me et 6me ; les deux moyennes 1,61 et 1,71 se rapportent, la première aux résultats fournis par F et la seconde à ceux de G.

Les pressions I, II et III ont été obtenues avec des parois poreuses dont les épaisseurs sont :

$3^{mm},1$; $5^{mm},1$, puis $9^{mm},1$ et $9^{mm},6$

On voit immédiatement que le rapport des pressions est plus petit que le rapport inverse des épaisseurs. En revanche, si l'on compare les pressions avec les racines carrées des épaisseurs, on trouve qu'il y a à peu près une proportionnalité inverse. On a en effet :

$$\frac{\sqrt{5,1}}{\sqrt{3,1}}=1,28;\ \frac{\sqrt{9,1}}{\sqrt{3,1}}=1,71;\ \frac{\sqrt{9,6}}{\sqrt{3,1}}=1,76.$$

Il est à remarquer qu'une relation simple et tout à fait rigoureuse entre les pressions et les épaisseurs ne pouvait guère s'espérer pour les deux motifs suivants :

1) l'épaisseur de chaque paroi n'était pas absolument la même dans toutes ses parties ;

2) dans les expériences faites, les conditions hygrométriques ne pouvaient pas être rigoureusement constantes pendant que l'on examinait successivement deux ou trois vases.

13. — Lorsqu'un vase poreux renfermant de l'air très humide est exposé à l'air libre ou dans le cylindre sec, puis que, à un moment donné, on exclut la communication avec l'extérieur tout en reliant l'appareil au manomètre, on voit ce dernier accuser immédiatement un accroissement de pression. Si l'on suit avec une lunette la colonne d'eau, on s'aperçoit, en moins d'une seconde, que l'équilibre des pressions n'existe plus. Mais la rapidité avec laquelle la pression varie dépend de l'épaisseur de la paroi. Si la paroi est mince, cette rapidité est plus grande, et ainsi se révèle, sous une autre forme, le fait que la différence des courants gazeux qui traversent la cloison en sens inverse est d'autant plus grande que cette cloison est moins épaisse.

Pour savoir comment l'excès du courant dépend de l'épaisseur de la paroi, il semble assez naturel de relier le vase poreux avec un tube convenablement fin, calibré, pourvu d'un index liquide, puis de mesurer, par les déplacements de l'index, le volume de gaz qui a pénétré à travers la paroi pendant un temps déterminé [1]. Malheureusement, cette méthode m'a offert des difficultés insurmontables. Pour que l'index se déplace dans un tube, il faut une certaine pression, et cette pression est très-difficilement constante parce que le frottement contre les parois du tube varie un peu d'un point à un autre. Il résulte de là que le déplacement d'un index ne peut avoir lieu que quand il s'est déjà produit une différence de pression entre l'intérieur du vase poreux et l'extérieur, et que ce déplacement s'accompagne de petites variations de la pression. Il n'y a donc pas, dans ce procédé, un moyen convenable pour connaître l'importance du courant gazeux lorsque la différence des pressions sur les deux faces de la cloison reste nulle ou très-petite.

14. — J'ai tâché de résoudre cette question par une voie indirecte, en observant la rapidité avec laquelle la pression varie dans des vases d'épaisseurs inégales placés dans des conditions hygrométriques semblables.

Un vase renfermant de l'air très-humide était installé dans le cylindre sec. A un moment donné, par la manœuvre du robinet R, on supprimait la communication avec

[1] Cette méthode a été employée dans les premières expériences (*Recherches sur la diffusion*, *etc.*, p. 26) et elle a fourni des résultats intéressants ; mais je voulais alors seulement connaître le volume de gaz qui se transporte à travers la paroi poreuse, dans un temps donné, sans m'imposer la condition que les pressions demeurent égales et constantes des deux côtés de la cloison.

l'extérieur tout en l'établissant avec le manomètre dont on suivait la colonne avec la lunette. On notait les hauteurs de dix en dix secondes dans les premiers moments, alors que la variation était rapide, puis de trente en trente secondes plus tard. — Des observations pareilles étaient faites successivement avec les trois épaisseurs et dans des conditions autant que possible égales de température et de sécheresse de l'air extérieur ; elles étaient répétées deux fois avec le même vase. Ces observations donnaient donc des excès de pression p, p', p''... après des temps t, t', t''...

Ces temps et ces pressions ont été portés sur deux axes rectangulaires. Les divers points qui représentaient les observations isolées dessinaient assez convenablement une courbe s'élevant rapidement d'abord au-dessus de l'axe des temps, vers lequel elle tournait sa concavité, puis devenant sensiblement parallèle à cet axe à partir du moment où la pression avait atteint son maximum et devenait à peu près constante. On pouvait, en traçant la courbe à vue, rectifier les irrégularités des observations individuelles, puis utiliser la courbe ainsi obtenue pour établir un tableau qui indique comment la pression varie avec le temps. On trouvera un tableau pareil ci-dessous (tabl. III). La première colonne renferme les temps, les trois autres renferment les accroissements de pression observés avec les vases C, E, F. Ces vases avaient été exposés dans le cylindre sec par une température d'environ 18°.

Tableau III.

Temps	C	E	F
m s	mm	mm	mm
0—10	1,05	0,80	0,58
20	2,00	1,50	1,00
30	2,80	2,10	1,40
40	3,40	2,65	1,78
m			
1—00	4,45	3,40	2,32
1—30	5,52	4,20	2,95
2—00	6,05	4,80	3,44
2—30	6,48	5,20	3,72
3—00	6,74	5,55	3,90
3—30	6,84	5,72	4,02
4—00	6,90	5,82	4,05

Connaissant le volume de la cavité reliée au manomètre, cavité dans laquelle se produit la variation de pression, connaissant d'ailleurs la pression extérieure lors de l'expérience, il est facile de calculer le volume qui a dû entrer à travers la paroi poreuse pour produire les différences de pression indiquées dans le tableau ci-dessus. — En évaluant le volume intérieur du vase poreux, du tube aboutissant au manomètre et du manomètre lui-même compté jusqu'à la surface du liquide, j'ai trouvé 220 centimètres cubes. Nommant p l'excès de pression à un moment donné et P la pression extérieure, on a évidemment :

$$V = \frac{222\,p}{P}$$

en nommant V le volume qui a dû pénétrer de l'extérieur pour produire la variation p.

On trouvera comme exemple, dans le tableau suivant (tableau IV), les diverses valeurs de V pour les diverses valeurs de p (vase C) estimées de dix en dix secondes jusqu'à deux minutes. — La pression P était 715^{mm} de mercure, soit 9724^{mm} d'eau. La première colonne du tableau renferme les temps ; la seconde, les accroissements de pression ; la troisième, les valeurs correspondantes de V ; la quatrième les différences ΔV entre deux valeurs successives de V, c'est-à-dire le volume de gaz entré durant dix secondes ; la cinquième, la moyenne des pressions qui existaient dans l'appareil au début et à la fin de la période de dix secondes durant laquelle est entré le volume ΔV.

(Voir Tableau IV, à la page suivante.)

On voit que les quantités ΔV deviennent de plus en plus faibles à mesure que la différence entre la pression intérieure et la pression extérieure devient plus considérable ; ΔV est nul pour un certain excès de pression qui, dans le cas de l'expérience à laquelle se rapportent les tableaux précédents, est d'environ 7^{mm} et a été atteint au bout de cinq minutes à peu près.

Les nombres des colonnes quatrième et cinquième ont été portés sur deux axes ; la pression moyenne sur l'axe des abscisses et les quantités ΔV sur l'axe des ordonnées. On a obtenu ainsi une série de points dessinant nettement, malgré quelques irrégularités, une courbe qui, dans la plus grande partie de son étendue et surtout près de l'axe des ΔV, différait peu d'une ligne droite. La direction générale de cette courbe ayant été prolongée jusqu'à son intersection avec l'axe des ordonnées, on a eu l'ordonnée à l'origine, c'est-à-dire la quantité ΔV corres-

Tableau IV.

Temps	Pression	V	△V	Pression moyenne
s 0	0,00	0,000	cc 0,024	mm 0,52
s 10	mm 1,05	cc 0,024	cc 0,022	1,52
20	2,00	0,046	0,017	2,40
30	2,80	0,063	0,015	3,10
40	3,40	0,078	0,012	3,67
50	3,95	0,090	0,011	4,20
60	4,45	0,101	0,010	4,67
70	4,90	0,111	0,007	5,05
80	5,20	0,118	0,007	5,36
90	5,52	0,125	0,005	5,64
100	5,76	0,130	0,004	5,84
110	5,92	0,134	0,003	5,98
120	5,05	0,137		

pondant au cas où il n'y a aucune différence de pression entre les deux faces de la paroi poreuse. Cette quantité était sensiblement $0^{cc},027$. Je l'appellerai M_C.

Il importe de se souvenir que les volumes △V ne sont que la différence entre les deux courants qui traversent, en sens opposé, la paroi poreuse. C'est l'excès du courant

allant de l'air sec vers l'air humide. Cet excès a sa plus grande valeur lorsque les pressions sont égales de part et d'autre de la cloison. A mesure que la pression intérieure augmente, le courant de sortie est accru et celui d'entrée est diminué ; de là la diminution de la différence $\triangle V$. Pour un certain excès de pression intérieure, les deux courants sont égaux : $\triangle V$ devient nul et la différence des pressions se maintient constante. Le volume $0^{cc},027$ indiqué plus haut est donc, pour le vase C, l'*excès* du courant dirigé de l'air sec vers l'air humide durant dix secondes lorsque la même pression règne des deux côtés de la cloison poreuse.

La courbe qui a servi à obtenir M_C permet d'avoir la quantité $\triangle V$ correspondant à un excès quelconque de pression du vase intérieur.

J'ai relevé ces valeurs $\triangle V$ pour les pressions $0^{mm},5$; $1^{mm},0$; $1^{mm},5$; etc. On les trouvera dans le tableau V seconde colonne.

Tableau V.

Press.	C	E	F	$\frac{C}{E}$	$\frac{C}{F}$
mm	cc	cc	cc		
0	0,0270	0,0194	0,0134	1,39	2,01
0,5	0,0248	179	117	1,38	2,12
1,0	230	163	095	1,41	2,42
1,5	211	147	081	1,44	2,60
2,0	192	131	067	1,46	2,87
2,5	172	112	050	1,53	3,44
3,0	151	090	036	1,67	4,20
3,5	133	067	020	2,00	6,65
4,0	114	040	—	2,85	—
4,5	095	—	—	—	—

15. — Les vases E et F ont été soumis aux mêmes épreuves que le vase C, dans des conditions aussi semblables que possible de température et d'état de sécheresse de l'air extérieur. On a observé, pour chacun d'eux, la vitesse d'accroissement de pression, puis les résultats ont été discutés exactement comme il vient d'être dit pour le vase C. On a obtenu des valeurs M_E et M_F exprimant l'excès du volume gazeux entrant de l'air sec à l'air humide, en dix secondes, sans différence de pression. On a également, à l'aide des courbes relatives à E et F, relevé les valeurs ΔV correspondant à des pressions de $0^{mm},5$; $1^{mm},0$; $1^{mm},5$; etc.

Le tableau V renferme, dans les colonnes deuxième, troisième et quatrième et sur une même ligne horizontale, les quantités ΔV correspondant à une *même* différence de pression entre les deux faces de la cloison poreuse pour les trois épaisseurs C, E, F. — Les colonnes cinquième et sixième contiennent les *rapports* entre les nombres des colonnes C et E, C et F pour une même différence de pression. Ces rapports montrent comment les volumes de gaz qui passent par diffusion hygrométrique sont plus considérables à travers le vase mince C qu'à travers E et F.

D'autres séries comparatives, tout à fait semblables à celle qui vient d'être exposée, ont été faites entre les trois vases en question dans des conditions hygrométriques un peu différentes de celles qui existaient lors de la série précédente. Les expériences ont été discutées et calculées de la même manière. Je me bornerai à donner ici, dans le tableau VI, les résultats définitifs pour une seconde série. Dans ce tableau, les diverses colonnes ont la même

signification que dans les colonnes correspondantes du tableau V.

Tableau VI.

PRESS.	C	E	F	$\frac{C}{E}$	$\frac{C}{F}$
mm	cc	cc	cc		
0	0,0275	0,0206	0,0148	1,36	1,86
0,5	263	191	126	1,37	2,09
1,0	248	173	104	1,43	2,40
1,5	232	154	86	1,50	2,70
2,0	213	135	71	1,58	2,99
2,5	189	115	38	1,64	3,28
3,0	163	96	44	1,70	3,73
3,5	139	75	27	1,86	5,07
4,0	118	58	—	2,04	—
4,5	96	44	—	2,18	—
5,0	78	31	—	2,51	—
5,5	58	—	—	—	—

16. — Si l'on prend la moyenne entre les valeurs des colonnes $\frac{C}{E}$ et $\frac{C}{F}$, dans les deux tableaux, on trouve que, la pression étant la même des deux côtés de la cloison, les rapports sont :

1,37 et 1,93

Les rapports inverses des épaisseurs seraient 1,65 et 2,94; les rapports inverses des racines carrées des épaisseurs : 1,28 et 1,71.

En comparant les rapports $\frac{C}{E}$ et $\frac{C}{F}$ pour diverses différences de pression entre les deux faces, on voit qu'ils

deviennent plus grands à mesure que ces différences augmentent.

En d'autres termes, à mesure que la différence des pressions s'accroît par le fait même de la diffusion hygrométrique, la proportion de gaz qui passe à travers une paroi mince l'emporte de plus en plus sur celle qui traverse une paroi plus épaisse.

Il aurait été intéressant d'essayer des cylindres poreux plus minces encore que le vase C, afin de voir si la loi qui vient d'être reconnue se maintient pour de très faibles épaisseurs. Je n'ai pas réussi jusqu'ici à me procurer des vases à parois très minces. Mais il me semble que l'activité de la diffusion hygrométrique doit tendre vers un maximum correspondant à une certaine épaisseur, très faible probablement, de la cloison poreuse.

Je terminerai cette notice en rappelant la principale conclusion du premier mémoire sur la diffusion hygrométrique et en résumant les résultats obtenus dans les expériences qui viennent d'être rapportées.

1. Lorsqu'une paroi de terre poreuse (vase poreux des éléments de pile à deux liquides) sépare deux masses d'air à des états hygrométriques différents, il se produit, à travers la paroi, deux courants inverses et inégaux de diffusion. Le courant le plus abondant va de l'air plus sec vers l'air plus humide (*diffusion hygrométrique*). La différence des deux courants dépend principalement de la différence entre les *tensions* de la vapeur de part et d'autre de la cloison poreuse. La température n'agit pas ou n'agit que peu d'une manière directe.

2. La diffusion hygrométrique se produit aussi à travers des plaques de marbre (5^{mm} épaisseur) compacte et bien homogène, polies ou non polies; mais elle est plus lente qu'à travers les lames de terre poreuse.

La diffusion hygrométrique s'observe également à travers des parois de gypse, d'albâtre, de charbon des cornues. — A cause de la grande porosité du gypse, la diffusion ne peut déterminer que de faibles différences de pression entre les deux faces d'une cloison de cette substance; mais ces différences de pression s'atteignent très-rapidement. — L'albâtre fournit une diffusion beaucoup plus lente que le gypse et le marbre saccharoïde; il est beaucoup moins perméable au gaz que ces deux derniers corps.

3. Lorsqu'un volume limité d'air est renfermé dans un vase dont une partie de la cloison est poreuse, il se produit et il se maintient, entre l'intérieur de ce vase et l'air ambiant une différence de pression si les conditions hygrométriques sont différentes à l'intérieur et à l'extérieur. Cette différence de pression est à peu près indépendante de la grandeur de la portion poreuse de la paroi; mais elle ne sera atteinte qu'après un temps d'autant plus long que la portion poreuse sera une fraction plus petite de la paroi totale du vase.

Une différence de pression se produira à la longue même s'il n'y a qu'un point très-limité de l'enveloppe qui soit poreux et jouisse de propriétés diffusantes.

4. La différence de pression que la diffusion hygrométrique est capable de produire et de maintenir entre les deux faces de la cloison poreuse dépend, toutes choses d'ailleurs égales, de l'*épaisseur* de la cloison. Pour la terre poreuse, les différences de pression possibles sont à

peu près inversément proportionnelles aux racines carrées des épaisseurs (limites des observations : épaisseurs de 3 à 10^{mm}).

5. C'est lorsque la pression demeure la même des deux côtés de la cloison poreuse que l'excès du courant de diffusion venant de l'air sec atteint sa plus grande valeur. Cet excès, variable avec la nature de la paroi poreuse et avec les conditions hygrométriques, dépend de l'épaisseur de la paroi qui diffuse. Toute chose d'ailleurs égales, il est d'autant plus considérable que la paroi est moins épaisse. — Pour des parois dont les épaisseurs étaient $3^{mm},1$; $5^{mm},1$; et $9^{mm},1$, cet excès a varié proportionnellement à 100; 72 et 51.

6. Lorsque la diffusion hygrométrique provoque une différence de pression entre les deux faces de la cloison poreuse, l'excès de volume du courant le plus abondant s'affaiblit à mesure que la différence des pressions augmente. Cet affaiblissement est d'autant plus rapide que la paroi est plus épaisse.

DU

DÉVELOPPEMENT DES ESPÈCES SOCIALES

PAR

M. CARL NÄGELI[1]

Parmi les questions que soulève la théorie de l'origine des espèces, les lois qui président à la distribution des formes végétales alliées dans la nature, me paraissent un des sujets qui se prête le mieux à être traité à part. Il peut être résolu par l'observation seule, et les données qu'il fournit seront fort utiles pour la solution de questions plus générales.

Un coup d'œil sur la théorie de M. Darwin, suffira pour nous montrer comment l'éminent auteur anglais envisage la question qui nous occupe. Le grand facteur dans la création des espèces nouvelles, c'est la sélection qui,

[1] Ce mémoire m'a paru de nature à intéresser les lecteurs français; il m'a surtout frappé comme un essai sérieux de vérifier, par une observation attentive des faits, des données qui trop souvent ne sont fondées que sur des déductions théoriques. M. Nägeli admet que le transformisme des formes vivantes est aussi clairement prouvé que la loi d'équivalence des forces dans la nature inorganique, et son désir est d'étudier, dans une série de mémoires successifs, les modifications que l'observation des faits fera subir à la théorie dans ses différents points (combat pour l'existence, hérédité, etc.).

M. M.

de même qu'elle agit sous la main d'un éleveur cherchant à perfectionner une race, se fait aussi sentir dans la nature : les individus doués, relativement à leurs congénères, de quelque avantage fortuit, repoussent leurs rivaux dans la lutte pour l'existence. Ils s'emparent peu à peu du terrain, et par ce moyen arrivent graduellement à former une race distincte. Les croisements réciproques qui tendraient bientôt à annuler des différences, encore bien faibles au début, sont ainsi complétement évités.

Si ces déductions théoriques sont exactes, nous devons rencontrer, dans la nature, les espèces (au moins celles qui sont arrivées à un certain degré d'individualité) relativement isolées. Deux formes voisines dérivant l'une de l'autre devront occuper deux aires géographiques différentes, sous peine de se confondre bientôt. Elles ne pourront se mélanger sans inconvénient que lorsqu'elles seront assez consolidées comme espèces distinctes pour rendre les croisements réciproques peu probables.

Si M. Darwin avait cherché à appuyer sur des faits ces hypothèses théoriques, il n'en aurait, au moins dans le règne végétal, pas trouvé beaucoup de favorables à sa cause. Je puis citer plusieurs centaines de cas concernant des espèces prises à tous les degrés de développement qui, bien loin d'être isolées les unes des autres sont, au contraire, intimement mélangées. Je ne crois pas qu'on puisse, avec raison, parler dans le règne végétal, de sélection naturelle dans le sens darwinien de ce mot, et j'estime qu'il existe une grande différence entre la formation des espèces dans la nature et la création des races sous la main d'un éleveur. D'ailleurs, sans sortir de la théorie pure, la sélection naturelle offrait un point faible

qui a frappé plus d'un disciple de M. Darwin. Elle entraîne, en effet, après elle deux principes qui agissent en sens opposé : d'abord le croisement avec les formes préexistantes qui tend à annuler bientôt la variété nouvellement créée, et ensuite le déplacement par la nouvelle venue des formes anciennes moins bien appropriées qu'elle aux conditions extérieures d'existence, déplacement qui tend à diminuer les occasions de croisement. Dans la lutte de ces deux principes, combien d'espèces nouvelles ont dû sombrer avant d'avoir acquis des caractères stables !

Plus d'un lecteur impartial a dû même se demander, après avoir étudié l'Origine des espèces, comment il était possible qu'une seule forme nouvelle prît naissance dans la nature. Que peuvent quelques individus légèrement modifiés, noyés au milieu de milliers d'autres qui ne le sont pas ? Des croisements répétés doivent, semble-t-il, annuler bientôt ces légères modifications et les ramener au type prédominant.

C'est évidemment sous l'empire de cette idée que M. Moritz Wagner a émis sa *loi de migration* et plus tard sa *théorie de séparation*. Dans ses mémoires, cet auteur cherche à établir qu'une espèce nouvelle ne se formera que lorsqu'un individu hermaphrodite ou un couple aura quitté l'aire occupée par l'espèce originelle, et sera allé fonder une colonie hors de ses limites. Le phénomène n'aura donc chance de se produire qu'à la périphérie de la surface habitée par le parent, et les ancêtres de toute variété nouvelle ont dû vivre en anachorètes. Ces vues faisaient bien bon marché de la sélection pour être adoptées par M. Darwin ; cependant, l'auteur anglais semble disposé à attribuer à l'isolement, dans la fixation des

variétés nouvelles, une importance plus grande qu'il ne l'avait fait d'abord.

C'est encore l'isolement que M. Weismann [1] considère comme la condition la plus favorable à la création des espèces nouvelles et il pense qu'on trouverait à l'origine de bien des formes végétales la dispersion et l'absence de croisement (amixie). L'isolement cesserait, cependant, d'être indispensable si les conditions survenues sont telles qu'elles puissent exercer une influence heureuse sur le résultat de la lutte pour l'existence.

Ici encore, nous nous trouvons en face d'hypothèses purement théoriques, et je dois dire que la distribution géographique des formes végétales ne fournit pas beaucoup de faits à l'appui. M. Wagner admet bien que les formes voisines peuvent souvent être séparées les unes des autres par les fleuves et les chaînes de montagnes. M. Otto Sendtner [2] cite en effet soixante espèces dont l'aire géographique est limitée par un fleuve, et il attribue un rôle encore plus marqué aux chaînes de montagnes.

Néanmoins, celui qui voudrait, d'après ces données, se faire une idée de la distribution géographique des plantes, tomberait dans de grosses erreurs. En règle générale, ce n'est en effet que le climat, et non pas un obstacle matériel, qui arrête l'extension d'une espèce. Il n'y a que la mer qui puisse être considérée comme une barrière véritable. Quelque large et rapide que soit un courant d'eau, les graines pourront toujours arriver à le franchir à l'aide du vent, des animaux, etc. [3]. Quant aux montagnes, beau-

[1] Influence de l'isolement sur la formation des espèces. Leipzig, 1872.

[2] Vegetationsverhältnisse in Sud-Bayern.

[3] Dans l'ouvrage cité M. Sendtner ne se sert des fleuves comme formant la limite d'une espèce que dans un sens vague ; c'est à peu

coup d'espèces sont toujours répandues sur leurs deux versants; si une espèce sporadique manque d'un côté, cela ne prouve rien; on pourra la chercher en vain sur de longs espaces de l'autre côté; enfin les plantes de plaine qui ne franchissent pas une chaîne de montagne, ne la dépassent ordinairement pas beaucoup au point où viennent mourir ses derniers contre-forts. Nous pouvons donc affirmer hardiment que sur les continents la limite de l'aire géographique des espèces est uniquement climatérique, c'est-à-dire assez vague; vers la périphérie, nous rencontrerons souvent des colonies isolées, plus ou moins séparées les unes des autres.

M. Wagner cite, à l'appui de sa théorie, certaines formes proches parentes les unes des autres qui habitent des aires géographiques séparées. Dans le règne végétal, il n'en est pas ainsi; les formes les plus voisines vivent en général en société et lorsqu'elles sont séparées, ce sont les qualités particulières du sol qui le déterminent. L'une aimera l'humidité, l'autre se plaira mieux dans un endroit sec, l'une aimera l'ombre, et l'autre le soleil, etc.; supposons une localité dans laquelle ces sortes de terrain alternent fréquemment, les deux formes paraîtront tout à fait mélangées. Je maintiens donc que la distribution actuelle est loin de parler en faveur d'une séparation absolue à l'origine.

M. Wagner n'est pas plus heureux lorsqu'il cite à l'appui de sa théorie, les plantes à semences légères aisément transportées par les vents, qui occupent de grandes étendues et varient peu. Ici encore, les faits observés vien-

près comme s'il parlait d'un degré de latitude ou de longitude; il dira souvent par exemple : zone du Danube pour Danube. Ce n'est pas dans ce sens que l'a entendu M. Wagner.

nent lui donner tort. La transportabilité des graines aide beaucoup à la *rapidité de la dispersion* d'une espèce, mais reste sans influence sur l'*amplitude de son aire géographique.* Je pourrais citer bien des cryptogames à spores légers, bien des phanérogames à graines ailées qui occupent un espace plus limité que d'autres plantes dont les graines ne peuvent être transportées ni par le vent ni par les animaux. La variabilité n'a rien non plus à faire avec la distribution géographique. Bien des espèces de Hieracium, de Rubus, répandues dans toutes sortes de régions sont infiniment plus variables que les espèces à aire très-limitée.

Sans m'étendre davantage sur ces considérations théoriques, je présenterai maintenant quelques remarques générales sur la façon dont doivent se poursuivre les recherches relatives à la distribution géographique d'une espèce vivante. Limiter la région dans laquelle on la trouve, demande déjà des observations très-soignées. S'il est facile d'indiquer les endroits où l'on trouve une forme végétale, il l'est beaucoup moins de déterminer ceux où on ne la trouve plus. Nous assistons tous les jours à des découvertes de plantes dans les localités où on ne les connaissait pas auparavant et cela dans les pays les plus soigneusement visités par les botanistes.

Il m'est facile d'en citer des exemples, tirés de ma propre expérience. Le Rothwand, près du Schliersee, est la partie des Alpes qui est la plus facile à atteindre depuis Munich; sa richesse végétale y attire les amateurs de plantes. J'y suis allé moi-même huit fois depuis 1865 dans le but spécial de récolter des Hieracium, et bien que j'eusse été précédé par MM. Sendtner et Molendo spécialement occupés du même genre, j'ai encore trouvé six

formes bien caractérisées qui leur avaient échappé, par exemple, les H. humile, stoloniferum, etc. Pareille chose m'est arrivée, dans des conditions analogues, au Splügen et dans la vallée du Rhin. Les Hieracium sont pourtant des plantes élevées qui lorsqu'elles sont en fleurs n'échappent pas aisément à la vue. Je ne puis m'empêcher de penser que la recherche des insectes est encore plus difficile, et par conséquent de n'accepter qu'avec beaucoup de réserve les résultats de M. Wagner, lorsqu'à la suite d'un seul voyage il croit pouvoir affirmer que tel fleuve ou telle chaîne de montagnes marque la limite d'extension d'un coléoptère.

Les théoriciens qui s'occupent de l'origine des espèces sont, à mon avis, trop enclins à aller emprunter les exemples dont ils ont besoin, à la flore, à la faune des pays éloignés; comme si l'on pouvait tirer meilleur parti de ce que l'on connaît superficiellement, que de ce qui a été étudié à fond. J'aimerais qu'en cas pareil on s'en tînt presque exclusivement aux États de l'Europe centrale, en s'attachant de préférence aux terrains qui par leur nature même ont échappé à la culture. L'observateur qui agira ainsi aura sous la main tous les renseignements bibliographiques nécessaires sur le climat, la géographie, etc.; il pourra aller sur place contrôler par lui-même les données diverses, et enfin, ce qui n'est pas à dédaigner, son lecteur pourra aussi aller vérifier les faits, et ainsi naîtront des discussions profitables. Tandis qu'à tous ces points de vue, nous sommes en Asie, en Afrique, etc., sur une *terra incognita*.

Il faut encore, à mon avis, être très-réservé dans les conséquences qu'on prétend tirer de la distribution actuelle des êtres vivants. Pour pouvoir conclure de l'éloi-

gnement de deux formes voisines, qu'elles étaient déjà séparées au moment de leur formation, il faudrait être sûr qu'elles n'ont pas changé de place depuis lors. Elles peuvent fort bien avoir pris naissance côte à côte et s'être ensuite isolées par migrations. C'est un côté de la question que M. Wagner a complétement négligé et cependant il est important. Il est, en effet, probable que la très-grande majorité des formes vivantes existaient déjà au moment de l'invasion des glaciers; elles ont donc traversé les deux grandes migrations qui ont marqué le commencement et la fin de la période froide. La distribution actuelle se lie probablement plus directement à ces phénomènes-là qu'à l'origine même des formes vivantes. Dans l'étude de la répartition des êtres organisés il ne faut donc pas perdre de vue l'influence probable des dernières transformations du climat sur leur habitation.

Il faut enfin attribuer aux *formes* leur vraie signification, et distinguer soigneusement celles qui sont *constantes*, c'est-à-dire dues à une cause interne, de celles qui ne sont que *locales* et qui dérivent d'influences extérieures. Supprimez ces influences et quel que soit le nombre de générations sur lesquelles elles aient agi, le retour au type ne se fera pas attendre.

Je vais maintenant exposer mes propres observations et chercher quelles sont les conséquences qu'on en peut tirer.

En général, les formes végétales alliées mènent dans la nature une vie sociale, de telle façon que les croisements

entre elles sont faciles. Elles peuvent être groupées de deux manières différentes: ou bien elles sont mélangées comme au hasard dans les mêmes localités, ou bien elles habitent des stations voisines mais séparées les unes des autres et ne se touchant qu'à la périphérie. J'ai appelé le premier mode *synoïcie* et le second *prosoïcie*.

La prosoïcie peut dériver d'un ensemble de conditions extérieures provenant du sol ou de l'atmosphère, et qui sont tantôt favorables à une variété et tantôt à l'autre. Celles-ci se remplacent donc mutuellement dans leurs différentes stations et sur un sol de composition moyenne, elles pourront se trouver réunies et devenir par conséquent synoïques.

La synoïcie est, de ces deux modes de distribution, de beaucoup le plus fréquent dans la nature. Sur cent formes végétales alliées, j'estime qu'on en trouvera au moins quatre-vingt-quinze synoïques. D'après l'ensemble de mes observations, la prosoïcie n'existe que pour un certain degré de parenté représenté par des espèces voisines, mais cependant distinctes, telles que les deux rhododendrons des Alpes, l'Achillea moschata et l'A. atrata, la Primula officinalis et la P. elatior, etc. Elle ne se rencontre pas pour les variétés les plus rapprochées les unes des autres et disparaît également des espèces plus éloignées.

Les formes synoïques et prosoïques ont un point commun, c'est que dans les deux cas les croisements sont possibles. Les secondes, à moins qu'elles n'occupent un espace très-restreint ne se féconderont mutuellement, il est vrai, qu'à la périphérie de leurs stations et sur la zone que peuvent parcourir les insectes.

On peut donc réunir ces deux modes de distribution

sous le nom de formes *cénobitiques* ou sociales par opposition aux formes *érémitiques* ou téloïques.

Le cénobitisme peut s'appliquer à tous les degrés de parenté entre espèces. Nous pouvons trouver réunies dans la même localité des variétés à peine distinctes (exemple, le Cirsium heterophyllum à feuilles entières et laciniées, l'Hieracium sylvatycum avec et sans feuille caulinaire) — des variétés un peu plus accentuées (exemple, le H. hoppeanum à ligules blanches ou rouges en dessous, la Campanule à fleurs lilas et blanches, etc., — des variétés encore plus fortes qui peuvent presque être élevées au rang d'espèces (Hieracium alpinum avec poils et glandes, et la forme nouvelle H. holadenium qui n'a que des glandes, Campanula rotundifolia à feuilles glabres et velues) — enfin soit des espèces plus distinctes, soit des espèces tout à fait séparées. Je pourrais citer une foule d'exemples de chaque degré; mais il est inutile de m'étendre davantage sur ce point qui doit être familier à tous les botanistes.

Deux formes habituellement cénobitiques A et B pourront toujours se rencontrer accidentellement isolées; elles seront par exemple réunies dans douze stations, A se trouvera seul dans trois autres et B dans une seulement. J'établirais facilement par de nombreux exemples que plus deux formes sont distinctes, plus il y a de chance qu'il en soit ainsi. Certaines variétés très-voisines ne se trouvent jamais isolées. Dans d'autres cas, si l'une des variétés est représentée par un nombre d'individus beaucoup plus considérable, elle pourra se retrouver seule, tandis que la seconde ne le sera jamais. C'est, je crois, la règle générale, pour les variétés blanches des fleurs rouges.

Il est bien évident que, par ma définition du cénobi-

tisme, je ne prétends pas dire que *toutes* les formes alliées se trouvent toujours ensemble mais seulement qu'on les rencontre beaucoup plus souvent par *groupes*, que tout à fait isolées. Par exemple, de neuf formes voisines (A à I), A, E, H se trouveront associées en un point, B, D dans un autre, C, F en un troisième, etc. Ces faits parlent clairement contre la théorie de la séparation et de l'amixie et militent au contraire en faveur du développement social des espèces.

Après avoir reconnu la vérité des règles générales que je viens de poser, j'ai été longtemps embarrassé pour faire cadrer les faits avec la théorie du développement des espèces. Comment, me disais-je, deux variétés voisines peuvent-elles prendre naissance au même point, sans que dans la lutte pour l'existence la plus faible succombe ; ou si toutes deux sont de forces parfaitement égales, comment les croisements ne les réduisent-ils pas bientôt à une seule.

J'en étais là, lorsque je fis en 1867, au Rothwand, une observation qui fut pour moi un trait de lumière. On trouve partout sur la montagne, dans les places sèches et rocailleuses, l'Hieracium villosum. En un point bien exposé au soleil, d'un accès difficile, je remarquai deux formes voisines, proches parentes de l'H. villosum, et telles que celui-ci paraît intermédiaire entre les deux. L'un (H. villosissimum) se distingue par sa pubescence longue et fournie, par ses capitules assez gros, et par les écailles de l'involucre allongées et écartées ; l'autre, au contraire (H. elongatum) est moins pubescent, il a les capitules plus petits et les écailles de l'involucre plus serrées que le H. villosum. Tous deux enfin se distinguent du type par leurs tiges plus hautes, plus nettement aphylles et

par leur floraison plus tardive. Au point où je les vis, ces deux formes étaient intimement mélangées, et représentées chacune par un nombre d'individus considérable. Je ne les ai pas retrouvées ailleurs sur la montagne, et dans la station qu'elles occupaient c'est en vain que j'ai cherché soit un seul pied de vrai H. villosum, soit un seul cas d'hybridisation entre elles.

J'en ai conclu que ces deux variétés nouvelles avaient réuni leurs forces pour repousser de sa station primitive le H. villosum, mais qu'elles n'avaient pas pu se déplacer mutuellement. Quant à leur origine, elles s'étaient évidemment développées, en s'éloignant en sens inverse d'un point de départ commun, l'H. villosum. De même qu'elles avaient réussi à écarter la forme originelle, de même aussi elles avaient empêché toute forme intermédiaire de s'implanter entre elles. Je me crus donc fondé à interpréter ce cas comme un exemple de variétés nées depuis la période glaciaire. Quant à leurs caractères morphologiques, ces trois formes sont assez distinctes pour être appelées *espèces* par bien des auteurs. Elles sont mieux délimitées que quelques-unes des espèces les plus faibles de MM. Frölich et Fries et tout aussi bien que quelques-unes de MM. Koch et Grisebach.

Mon attention une fois dirigée de ce côté, je retrouvai sans peine nombre de cas analogues parmi les Hieracium. Voici en deux mots le résumé des faits. En un point, l'on trouve deux variétés ou deux espèces très-voisines et intimement mélangées; le plus souvent on ne remarque aucun intermédiaire entre elles. Dans le voisinage, au contraire, on trouve une autre forme qui tantôt tient précisément le juste milieu entre les deux premières, et tantôt se rapproche plus de l'une ou de l'autre; certains carac-

tères généraux la séparent de toutes les deux; elle vit elle-même isolée ou associée avec d'autres formes. La même chose peut se rencontrer pour 3, 4, 5 variétés au lieu de deux.

On rencontre dans la nature d'autres formes vivant en société et qui sont distinguées les unes des autres par tous les degrés de différenciation possible, depuis la simple nuance qui sépare deux individus, jusqu'à la vraie distinction spécifique; cela amène à supposer que c'est *en société* que les espèces nouvelles prennent naissance.

Pour pouvoir donner aux faits que nous venons d'avancer un caractère marqué de vraisemblance, il est important de déterminer si l'association des formes cénobitiques est *permanente* ou *passagère*. Les plantes modifient-elles actuellement leur habitat, et se trouvent-elles réunies tantôt avec quelques-unes de leurs congénères, tantôt avec d'autres ? La dernière hypothèse peut se réaliser pour les terrains cultivés dont la végétation change sous nos yeux sous l'influence des modifications que l'homme introduit dans l'état du sol, la distribution des forêts, etc. Mais pour des observations sérieuses, il faut évidemment s'en tenir aux terrains qui échappent à la main de l'homme (lac, marais et surtout montagnes). Les chèvres, les moutons qui pâturent ces dernières n'en modifient pas plus la végétation que ne le faisaient les chamois, les mouflons, etc., qui les parcouraient aux temps préhistoriques.

J'ai donc, pour ma part, limité mon champ de travail aux régions montagneuses dépassant 5,000 pieds (1260^{m}) d'altitude, et quand je suis descendu plus bas, ça a été pour m'attacher à des terrains que leur nature même faisait échapper aux modifications de la culture.

Il serait inexact de dire que la végétation des lieux que la main de l'homme a laissés intacts, se modifie sans cesse par les migrations des plantes, facilitées qu'elles sont par les mille moyens de transport que possèdent les graines. Les grandes migrations qui marquèrent la fin de la période glaciaire sont closes depuis longtemps, la végétation est entrée dans une sorte d'état d'équilibre et chaque espèce occupe l'aire géographique que lui laisse la concurrence de ses rivales et les conditions de climat. Nous n'assistons plus actuellement qu'à des oscillations insignifiantes. Nous pouvons juger de la rapidité avec laquelle les plantes immigrantes envahissent une région et arrivent à un état stationnaire par les espèces introduites dans certaines parties du monde depuis les temps historiques.

Ainsi les graines d'une espèce auront beau être transportées chaque année au delà de son aire géographique, celle-ci ne s'en étendra pas davantage; il en était de même il y a 1000 ans, 10,000 ans, et si par ce moyen elle devait gagner du terrain, ce serait fait depuis longtemps. C'est ainsi que l'Hieracium hoppeanum commun dans les Alpes orientales ne s'étend pas au delà de la vallée d'Urseren[1]. Il y a longtemps déjà qu'il a cette limite, et il la conservera probablement jusqu'à ce que de grands changements climatériques viennent modifier la surface du pays. Les circonstances extérieures restant les mêmes, la distribution des végétaux ne me paraît devoir changer qu'en tant que de nouvelles formes prennent naissance et

[1] M. Christener mentionne cette plante dans le Haut-Valais; cela vient d'une confusion entre le Nufenen valaisan et le passage du même nom dans la vallée du Rhin.

font disparaître les anciennes en les repoussant de leur habitat primitif.

Le mode de distribution des formes cénobitiques tend lui-même à prouver que leur association n'est pas passagère. Tous les cas possibles peuvent, je crois, être rangés dans une des cinq catégories suivantes.

1. Une forme végétale A est répandue sur un espace considérable ; en quelques points peu nombreux croît, avec elle, une forme voisine B qui n'a pas été observée ailleurs. Par exemple, le Hieracium alpinum est commun dans la chaîne des Alpes, entre 1790 et 1950 mètres, partout où le sous-sol n'est pas trop calcaire et la couche d'humus trop mince. En deux points de la vallée du Rhin on trouve associé avec lui le H. holadenium qui ne vit pas ailleurs. Il semble bien probable que ces deux plantes ont vécu ensemble dans la vallée du Rhin depuis l'époque glaciaire, ou bien que la seconde a dérivé de la première depuis lors.

2. Dans la région occupée par A, B lui est associé en des points qui, par leur position même, rendent l'idée d'une immigration invraisemblable. Par exemple, le Hieracium macranthum croît associé à l'H. pilosella sur la bruyère de Garchinger, près de Munich, et sur le Lechfeld, près d'Augsbourg ; il doit être là depuis les grandes migrations glaciaires.

3. A et B habitent en commun une vaste étendue de pays, où ils sont tantôt prosoïques et tantôt synoïques. Par exemple, les deux Rhododendrons des Alpes, l'Achillea moschata et atrata, l'Hieracium pilosella et hoppeanum.

4. A et B se rencontrent dans une région où l'immi-

gration est difficile (îles éloignées du continent, massif de montagnes isolées, marais, etc.).

5. A et B ne se trouvent qu'ensemble et dans une localité limitée ; ailleurs, ils présentent toujours certaines modifications, A′, A″, B′, B″. Il faut bien admettre qu'ils sont là depuis la dernière grande migration ou bien qu'ils ont pris naissance en société avec A′, B′, etc.

Un autre point demande encore à être élucidé : Les caractères qui distinguent les espèces cénobitiques ont-ils été modifiés depuis leur association ou sont-ils restés les mêmes. En cas de modification, les deux formes sont-elles divergentes, et dans un passé lointain peut-on les rattacher à une souche commune, ou bien convergent-elles et sont-elles destinées à se confondre dans l'avenir.

A cette question, il est malaisé de répondre par l'observation ; il est difficile, en effet, d'arriver en un temps très-court à une conclusion sur un mouvement très-lent. Un voyageur qui arrive au bord d'un lac inconnu, peut-il d'emblée décider dans quel sens se dirigent ses eaux ? Un sauvage pourra-t-il en un moment reconnaître le mouvement de l'aiguille des heures d'une montre ? Telle es pourtant la position du botaniste. Que sont les 30 ou 40 ans de ses observations personnelles, que sont même les deux ou trois siècles qu'embrassent les échantillons de nos herbiers en face des périodes de la nature ?

Et d'abord, à un point de vue tout à fait général, y a-t-il eu des modifications dans les formes organiques depuis les dernières grandes migrations. On pourrait supposer que toutes les formes actuellement vivantes existaient déjà avant la période glaciaire, et que leur distribution actuelle n'est que la conséquence de ce grand événement. Alors,

dans la théorie de la transmutation, il faudrait admettre que nous traversons maintenant une période de repos, succédant à une période de modification, qu'une sorte de temps d'arrêt a frappé le développement des espèces animales et végétales. Cette manière de voir n'est pas inadmissible, cependant bien des motifs tendent à prouver que chez beaucoup d'organismes, les périodes de repos et celles de transformation ont une durée inégale, qu'à chaque moment quelques formes sont en train de se modifier, tandis qu'un grand nombre d'autres sont stationnaires. Ce n'est pas ici le lieu de discuter cette question à fond; je veux, pour le moment, me borner à réunir les arguments qui parlent en faveur des modifications intervenues depuis la période glaciaire.

Il est deux arguments qu'on cite communément en faveur de l'idée de la stabilité des formes depuis la grande extension des glaciers. Le premier est tiré des restes fossiles qui, de l'avis des paléontologistes, prouvent que la végétation était alors la même qu'aujourd'hui, que les mêmes espèces et les mêmes variétés habitaient nos pays. Quelques espèces, telles que les chênes verts (d'après Unger), dateraient même de l'époque tertiaire.

Il convient de ne pas donner à ces faits une importance trop grande. La paléontologie nous apprend seulement que les espèces observées (et elles sont bien peu nombreuses en face de l'ensemble du règne végétal) n'ont pas subi de *grandes* variations; elles peuvent s'être légèrement modifiées et elles ne nous prouvent, d'ailleurs, rien pour toutes les autres. Les fossiles du diluvium sont généralement incomplets et s'ils permettent une détermination plus ou moins exacte, ils excluent complétement l'idée d'une comparaison minutieuse comme celle qu'e-

xige l'étude qui nous occupe. Je ne crois donc pas m'avancer trop lorsque je dis que les données paléontologiques n'excluent point l'idée d'une certaine variabilité dans les formes végétales, depuis la période glaciaire jusqu'à nos jours.

Le second argument mis en avant en faveur de la stabilité des formes a trait aux animaux et aux végétaux qui vivent aujourd'hui simultanément dans des contrées entre lesquelles les migrations sont impossibles. Les terres arctiques, les Alpes, les Pyrénées, le Harz, les Vosges, etc. sont des régions actuellement assez éloignées pour que le transport de graines de l'une à l'autre soit, pour le moins, invraisemblable. Et cependant, à côté d'un certain nombre d'espèces qui lui sont propres, chacune de ces régions recèle des formes qui se rencontrent aussi dans les autres. On explique avec raison ce fait, en disant que la communication qui manque aujourd'hui existait pendant la période glaciaire. Dans ce temps, certaines espèces sont descendues des régions arctiques vers les Alpes, tandis que d'autres ont remonté des Alpes vers le Nord.

Une comparaison minutieuse de la végétation de deux de ces régions isolées, nous montrera beaucoup de formes végétales identiques, mais nous en fera voir en même temps d'autres distinguées par de légères différences qui en feront des variétés plus ou moins accentuées. Les espèces des Alpes et des régions arctiques se comporteront tantôt comme A : A et tantôt comme A : A′; dans le second cas, nous serons amenés à admettre que la descendance d'un individu acclimaté dans une des deux régions s'est modifiée.

Cette explication n'est toutefois qu'une hypothèse pro-

bable, elle n'est pas absolument prouvée et plusieurs autres cas sont possibles. Les formes A et A′ peuvent dater toutes deux de l'époque glaciaire et ne s'être pas modifiées depuis; ou bien elles peuvent dériver d'une forme A″ aujourd'hui disparue, etc. L'identité des deux formes A = A ne prouve même pas absolument en faveur de leur stabilité. Peut-être aux temps glaciaires aurait-on rencontré la forme A′, qui depuis lors est devenue A dans chacune des deux régions. Je ne pense pas qu'on puisse objecter à cette dernière hypothèse, la différence des conditions physiques dans lesquelles se trouvent placées deux plantes vivant l'une dans le Nord, l'autre sur les Alpes. En effet, si l'on admet qu'une forme végétale a pu vivre, depuis la période glaciaire, à la fois dans ces deux régions sans se modifier, il faut bien reconnaître que les circonstances extérieures quelque différentes qu'elles paraissent être, n'agissent pas directement sur la nature même d'une plante, et permettent également l'accomplissement de ses fonctions. Par le même motif, une cause interne qui tend à amener des modifications de formes, pourra agir également dans les deux régions.

Cette hypothèse, possible, ne me paraît pourtant pas probable et je suis plutôt porté à croire que, par exemple, l'Hieracium alpinum, l'Hieracium aurantiacum qui croissent actuellement sous une forme identique dans les Alpes et dans les régions arctiques, n'ont subi, depuis la période glaciaire, aucune modification. Mais la preuve absolue manque, et je ne pense pas qu'il y ait là une loi générale s'appliquant à tous les végétaux. La majeure partie des espèces que nous rencontrons aujourd'hui dans ces conditions peuvent fort bien n'avoir pas changé depuis les dernières grandes migrations, tandis que sur

quelques autres une transformation a pu s'opérer. Il faut donc examiner chaque cas spécial en lui-même et peser soigneusement toutes les circonstances qui peuvent nous mettre sur la trace d'une explication.

Ainsi les données paléontologiques, les comparaisons de flores de régions éloignées n'élucident que bien incomplétement la question du transformisme depuis l'époque glaciaire. Nos peines seront mieux récompensées, si nous limitons nos recherches aux diverses formes que revêtent certaines plantes dans une région isolée. Je vais esquisser rapidement les données générales que nous fournit à cet égard le genre Hieracium.

Certaines espèces de ce genre sont morphologiquement isolées, ou en tous cas n'ont que peu de proches parentes. Ces espèces-là sont très-uniformes et dans tous les points de leur aire géographique souvent très-vaste. elles se distinguent par les mêmes caractères. Je citerai comme exemple, les H. staticefolium, albidum, humile. — A l'autre extrême, nous rencontrons, au contraire, des espèces qui sont comme fracturées en une infinité de formes diverses (variétés plus ou moins accentuées, espèces pour certains auteurs) et qui, dans chacune de leurs stations, se distinguent par quelque particularité. Tels sont les H. glaucum, bupleuroides, speciosum, etc. Je ne saurais mieux représenter l'impression que me font ces espèces qu'en les comparant à une planète mise en regard des nombreuses planétoïdes auxquelles la destruction d'une autre planète a probablement donné naissance.

Ces essaims de formes diverses sont particulièrement instructifs dans la théorie du transformisme ; ils tendent à prouver l'existence de modifications intervenues depuis l'époque glaciaire et montrent comment elles se sont manifestées.

Le grand nombre de formes et le fait que chaque station en a, pour ainsi dire, qui lui sont propres, fourniraient déjà un argument à l'appui de l'idée de leur origine relativement récente. Pendant les grandes migrations, comme celles qui ont précédé l'époque actuelle, beaucoup de formes disparaissent nécessairement ; c'est tantôt l'une et tantôt l'autre dont les graines ne se disséminent pas et périssent. En outre, les migrations depuis la plaine de l'Europe centrale sur les Alpes sont rendues plus difficiles par le vent du Sud-Ouest qui (il est facile de s'en assurer dans tous les jardins botaniques) est le plus actif dans la dissémination des graines. De plus, pendant les migrations et pendant le séjour dans la plaine, des formes qui n'étaient pas accoutumées à se trouver ensemble ont dû se rencontrer et se nuire mutuellement dans le combat pour l'existence. Si les nombreuses formes alpines des H. glaucum, bupleuroides, etc., étaient aujourd'hui ramenées jusque dans la plaine par une nouvelle époque glaciaire, je suis convaincu, pour ma part, qu'il n'en reviendrait dans les montagnes pas le quart, peut-être pas la dixième partie. Pour expliquer le grand nombre de formes diverses qui vivent actuellement dans les Alpes, il faudrait admettre que, aux temps glaciaires, elles étaient encore infiniment plus nombreuses. Je trouve plus naturel de supposer que beaucoup d'entre elles ont pris naissance depuis le retour dans la montagne.

Je rencontre encore un autre argument dans les relations morphologiques des formes diverses entre elles. Chez celles qui habitent ensemble, il y a un rapport évident dans la manière dont elles se sont modifiées. On trouve, en quelque sorte, un type particulier qui règle les changements d'un certain groupe et qui varie d'une localité à

l'autre. C'est une grande raison pour croire que ces variétés ont pris naissance au point où nous les trouvons actuellement. Il n'est, en effet, guère croyable que des formes moulées, pour ainsi dire, les unes sur les autres, aient apparu l'une au Simplon, l'autre dans la vallée du Rhin, l'autre dans l'Engadine, etc.

Si les formes cénobitiques varient, tendent-elles à s'éloigner ou à se rapprocher les unes des autres ? Cette question m'a fort embarrassé, car je trouvais des arguments dans un sens comme dans l'autre. En faveur de la divergence, on peut citer la loi générale qui régit tout le règne organique. Mais cette loi, vraie en général, peut parfaitement subir des exceptions dans des cas particuliers et lors même que les êtres organisés pris dans leur ensemble, tendent à s'éloigner toujours plus les uns des autres, quelques-uns peuvent cependant se rapprocher et se confondre.

En faveur de la convergence des formes cénobitiques, on peut alléguer la communauté dans laquelle elles vivent, les croisements qui en sont la conséquence et qui doivent tendre à les unir toujours plus. Ce point de vue est parfaitement conforme aux idées de M. Darwin sur ce sujet.

L'examen attentif des caractères morphologiques des formes cénobitiques pourra seul nous aider à sortir de ce dilemme. Leur *type social* consiste en ce que certains caractères sont remarquablement analogues dans toute la colonie, tandis que d'autres caractères sont aussi distincts que possible, et dépassent à cet égard les formes appartenant à d'autres localités. Par exemple, l'Hieracium porrifolium et l'H. glaucum (All. nec. auct.) qui vivent ensemble dans le Tyrol méridional, offrent une analogie

presque complète dans leurs inflorescences et dans la structure de leurs capitules ; par contre, le H. porrifolium a les feuilles les plus étroites et le H. glaucum les plus larges de tout le groupe *glaucum*. — Le H. poliodes et l'H. amaurodes, appartenant également au groupe des *glaucum* et qui vivent en société au bord du Spitzingsee, sont identiques dans la structure de leurs tiges, de leurs feuilles, de leurs capitules ; mais le premier se distingue de tout le groupe par l'abondance des poils étoilés qui couvrent l'involucre ; le second, au contraire, en a très-peu. — Le H. glabrifolium et le H. crinifolium (du groupe de l'H. bupleuroides) qui vivent associés sur le Brenner en Tyrol et sont extraordinairement voisins l'un de l'autre, se différencient en ce que dans le premier la tige est plus couverte de poils étoilés, et dans le second les feuilles sont plus pubescentes que dans aucune autre variété du même groupe.

Ces faits semblent bien indiquer que les formes cénobitiques tendent à diverger de plus en plus. Si le contraire était vrai, nous ne trouverions pas chez elles certains caractères différentiels plus accentués qu'ils ne le sont chez les formes isolées.

De ce que je viens d'exposer, il me semble ressortir que, contrairement à ce qu'on croyait jusqu'à présent, la sociabilité est plus favorable à la formation des espèces que l'isolement, et je crois avoir démontré que cela n'est point en contradiction avec l'action des croisements ni avec la lutte pour l'existence.

J'esquisserai, pour terminer, en quelques mots l'histoire de l'origine des espèces dans un groupe cénobi-

tique. Une modification intervient; bornée d'abord à un petit nombre d'individus, elle ne tarde pas à disparaître si la forme originelle continue à l'emporter en force vitale, Mais si la forme nouvelle se trouve favorisée à certains égards, tandis qu'à d'autres égards c'est la forme originelle qui a le dessus, la nouvelle venue repoussera partiellement son aînée sans la détruire et se créera une station à ses côtés. Les deux formes vivront désormais en voisines et resteront toujours nettement séparées, les intermédiaires que le croisement ou la variabilité auraient fait naître étant toujours écartés. Par la loi de divergence que nous avons établie plus haut, la forme dérivée s'éloignera toujours plus de la forme originelle; d'abord variété à peine sensible, elle deviendra bientôt une variété marquée, puis une espèce peu distincte et enfin une véritable espèce. Quant à la forme originelle, elle peut échapper à toute modification ou bien ses caractères propres tendront à s'accentuer toujours plus. Ainsi s'expliquent les cas où, dans un espace restreint, une forme particulière qui ne se trouve pas ailleurs est associée à une espèce qui a elle-même une aire géographique étendue. Telles sont, à mon avis, les relations de l'Hieracium holadenium et de l'H. alpinum qu'on trouve ensemble dans la vallée du Rhin.

Dans d'autres cas, ce n'est pas une seule variété mais deux qui peuvent dériver d'une forme originelle et qui se développent en deux directions opposées, possédant toutes deux certains avantages sur celle qui les a précédées. Elles tendront à réunir leurs forces pour écarter celle-ci, et en un point de son aire de dispersion nous trouverons cette dernière remplacée par deux formes dérivées vivant en communauté. Elle sera, en quelque mesure intermé-

diaire entre ses deux descendantes sans tenir toutefois le juste milieu comme le serait un hybride, et retrouvera ses avantages dans d'autres localités.

Ces deux modes de formation d'espèces nouvelles, qu'on pourrait appeler *monogénitique* et *didymogénitique* ne sont pas toujours nettement séparés. Il y a beaucoup d'intermédiaires entre eux, et le second ne se rencontre dans la nature que rarement sous une forme absolue. On peut cependant citer l'exemple de l'Hieracium villosissimum et de l'H. elongatum qu'a engendrés sur le Rothwand l'H. villosum.

Il peut encore se trouver que deux variétés prennent naissance à la fois et vivent à côté de l'espèce originelle, ou que trois formes dérivées prenant naissance à la fois, s'unissent pour repousser leur parent. Ces cas, possibles en théorie, sont cependant rares et je n'ai pas eu l'occasion d'en observer d'exemples dans la nature.

De deux formes cénobitiques dérivées d'une origine commune, l'une peut se scinder de nouveau, et alors, en comparant attentivement les trois variétés qui désormais vivront ensemble, on reconnaîtra aisément un degré de parenté plus intime entre deux d'entre elles.

J'ai admis plus haut la disparition constante des intermédiaires qui, par croisement ou variabilité, se développeraient entre deux variétés cénobitiques. C'est bien ce qui se passe en général, mais ce n'est pas cependant une conséquence absolument nécessaire. Il est des cas où, entre deux formes extrêmes, on trouve tous les degrés intermédiaires possibles, ce qui prouve que la loi de divergence peut s'appliquer sans l'intervention de la sélection naturelle.

Des formes primitivement associées peuvent plus tard

se séparer ; cependant, comme leurs caractères respectifs se sont en quelque sorte développés les uns en regard des autres, ce cas ne se présentera qu'exceptionnellement. Ce ne sera guère que lorsque des variations marquées dans le climat ou dans les conditions extérieures auront amené une émigration générale, ou plus rarement encore lorsque des causes spéciales auront amené la disparition ou la migration d'une des formes.

Si j'ai cherché à montrer dans ces pages que c'est surtout au milieu d'espèces sociales que les formes nouvelles se font jour, je ne prétends point affirmer que les espèces isolées ne puissent pas aussi devenir la souche de formes nouvelles. Seulement dans ce cas le parent ne produira qu'un descendant et sera immédiatement écarté par lui. Si le même fait se reproduit en différentes stations, il en résultera une série de formes nouvelles, rattachées toutes à la même origine et plus ou moins profondément distinctes les unes des autres. Mais il ne faut pas oublier que le plus souvent la forme originelle continue à vivre à côté de la forme dérivée, ou que deux formes dérivées prennent naissance en même temps ; il y aura donc toujours tendance à la formation de groupes de formes voisines plutôt que de formes isolées.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE.

W. Roberts, *Chimiste de la Monnaie.* — On the Liquation, fusibility, etc. — Sur la liquéfaction, la fusibilité et la densité de certains alliages d'argent et de cuivre. — (*Proceedings of the Royal Society*, tome 23, n° 160.)

La propriété physique la plus remarquable des alliages de cuivre et d'argent consiste, suivant l'auteur, dans une mobilité moléculaire, par suite de laquelle certaines combinaisons des éléments d'un alliage fondu se séparent de la masse, dont l'homogénéité se trouve ainsi détruite. Il y a longtemps, au reste, qu'on connaît ces irrégularités de composition. Levol a publié en 1852 un travail très-complet sur la nature et sur les limites de cette mobilité moléculaire. Il a constaté, entre autres, ce fait capital, qu'un alliage renfermant 71,89 pour cent d'argent est uniforme dans sa composition. La formule chimique de cet alliage (Ag_3, Cu_2), jointe à sa structure spéciale, l'ont conduit à conclure que tous les autres alliages de cuivre et d'argent sont des mélanges de celui-ci avec un excès de l'un ou de l'autre des deux métaux.

Mathiess en a étudié en 1860 la conductibilité électrique des alliages ci-dessus, et, contrairement à l'opinion de Revol, il les envisage comme « des mélanges mécaniques de modi-« fications allotropiques des deux métaux. »

M. Roberts entre dans le détail des expériences qu'il a

faites dans le but de déterminer la température des points de fusion d'une série de ces alliages. Après avoir adopté comme base de ses recherches le chiffre de 1040°, indiqué par Deville comme point d'ébullition du zinc, il a déterminé par la méthode des mélanges la chaleur spécifique d'une masse de fer forgé entre la température de 0° C. et celle de la fusion de l'argent, température que Becquerel a démontré être identique avec le point d'ébullition du zinc. La moyenne de trois expériences, très-peu différentes l'une de l'autre, a donné pour cette chaleur spécifique le chiffre de 0,15693 ; et l'auteur fait remarquer que ce chiffre comprend et neutralise plusieurs erreurs qui auraient pu affecter l'exactitude des déterminations subséquentes.

La température des points de fusion de plusieurs alliages a été déterminée en plongeant dans le métal fondu un cylindre de fer, et en transportant ensuite ce cylindre dans un calorimètre. Cette température a paru varier entre 840° et 1330° C. Les alliages qui, dans le mémoire original, occupent la portion inférieure de la courbe, renferment de 60 à 70 pour cent d'argent. Ces résultats ont de l'importance en ce qu'ils montrent que les courbes de fusibilité et de conductibilité électrique diffèrent peu l'une de l'autre. Dans tous ces essais de liquéfaction, les alliages étaient coulés dans des moules de briques chauffées au rouge dans lesquels le métal, du poids de 50 onces environ, pouvait se refroidir lentement et d'une manière uniforme. Les résultats obtenus par l'auteur tendent à montrer que l'homogénéité de l'alliage de Levol est légèrement modifiée par cette méthode de fonte, et que, d'autre part, les alliages qui renferment plus de 71,89 pour cent d'argent donnent à peine quelques signes de regroupement des molécules lorsque la solidification a lieu graduellement. Deux alliages ont été plus particulièrement examinés, l'un renfermant 63, et l'autre 33,3 pour cent d'argent. Ces alliages ont paru loin d'être homogènes. Dans le cas du premier, l'arrangement moléculaire a été sans doute modifié par la pesanteur, la base du culot étant riche en argent.

La densité de l'argent pur, ainsi que celle de l'alliage homogène de Levol, ont été déterminées par la méthode décrite ailleurs par M. Robert Mallet, ces métaux étant coulés dans des vases coniques de fer battu. Les résultats obtenus sont les suivants :

	Densité du liquide	Densité du solide
Argent pur	9,4612	10,57
Alliage de Levol	9,0554	9,9045

Dans le cas de l'argent, le coefficient de dilatation linéaire moyenne déduit de ce changement de densité, est de 00003721 pour 1° C. C'est près du double du coefficient de dilatation pour des températures au-dessous de 100°.

L. Pebal. Recherches sur l'acide hypochlorique et sur l'euchlorine. *(Annalen der Chemie*, Bd. 177, p. 1.*)*

L'acide hypochlorique (ou peroxyde de chlore), produit de l'action de l'acide sulfurique sur le chlorate de potasse, a été découvert par H. Davy en 1815. Ses analyses le conduisirent à le regarder comme formé de 2 volumes d'oxygène et de 1 volume de chlore, condensés en 2 volumes. Les recherches postérieures de Gay-Lussac, Soubeiran, Millon, etc., bien qu'offrant quelques légères discordances, confirment ce résultat, qui a été généralement admis.

Les opinions sont beaucoup plus partagées au sujet de l'euchlorine (ou protoxyde de chlore), produit de l'action de l'acide chlorhydrique, ou d'un mélange d'acide sulfurique dilué et de chlorure de sodium sur le chlorate de potasse. Le gaz qui se forme alors a été étudié également par H. Davy, par Gay-Lussac et par Soubeiran qui l'ont trouvé composé de 2 volumes de chlore pour 1 volume d'oxygène. H. Davy seul a cherché à déterminer la condensation des éléments dans cette combinaison et a observé le rapport assez étrange de 6 : 5. Il fit remarquer lui-même qu'un mélange de 2 vo-

lumes d'acide hypochlorique et de 3 volumes de chlore présenterait les mêmes rapports de composition et de condensation. Cependant il préféra considérer ce gaz comme un composé distinct de chlore et d'oxygène. Au contraire Soubeiran et J. Davy soutinrent l'opinion qui l'envisage comme un simple mélange de chlore et d'acide hypochlorique, opinion qui paraît avoir généralement prévalu, bien qu'elle ne s'appuie pas sur des preuves bien positives.

M. Pebal vient de reprendre l'étude de ce gaz et de constater par des expériences décisives l'exactitude de l'opinion généralement admise, en même temps qu'il confirmait la composition attribuée à l'acide hypochlorique et faisait mieux connaître ses propriétés. Ces expériences présentaient de grandes difficultés à cause de la violence des détonations qui viennent le plus souvent les interrompre.

Le gaz était produit, soit par l'action de l'acide chlorhydrique sur le chlorate de potasse, soit par celle de l'acide sulfurique sur un mélange de chlorate de potasse et de chlorure de sodium. Il était lavé dans l'eau pour le débarrasser d'acide chlorhydrique, puis désséché par le chlorure de calcium, après quoi on le soumettait à l'analyse tantôt directement, tantôt après l'avoir soumis à une condensation partielle en le faisant passer au travers d'un tube maintenu dans un mélange réfrigérant dans lequel une grande partie du gaz se liquéfie en un liquide jaune. L'auteur a également analysé les vapeurs fournies par ce liquide, lorsqu'après avoir cessé la production de l'euchlorine on le laissait se volatiliser par une légère élévation de température.

Il résulte de ces nombreuses expériences, que nous nous bornons à résumer, que le liquide condensé par le passage de l'euchlorine au travers d'un tube fortement refroidi est bien de l'acide hypochlorique, lequel à l'état gazeux est formé de 2 volumes d'oxygène et de 1 volume de chlore condensés en 2 volumes; sa formule moléculaire est donc ClO^2. Le gaz qui échappe à la liquéfaction est très-riche en chlore libre.

L'euchlorine elle-même est un mélange d'acide hypochlo-

rique et de chlore dans lequel les proportions relatives de ces deux gaz peuvent varier dans d'assez fortes proportions suivant le procédé de préparation. Ce rapport se rapproche de l'égalité pour le gaz produit par l'action de l'acide sulfurique sur un mélange de chlorate de potasse et de chlorure de sodium. Il était d'environ 3 volumes de chlore pour 2 d'acide hypochlorique pour le gaz provenant de l'action de l'acide chlorhydrique sur le chlorate de potasse.

M. Pebal a cherché aussi à établir la température d'ébullition de l'acide hypochlorique, pour laquelle Millon avait indiqué 20 et 32° suivant qu'il était préparé par l'action de l'acide sulfurique sur le chlorate de potasse ou par liquéfaction de l'euchlorine par le froid. En déterminant la tension de vapeur de cet acide à diverses températures, il s'est assuré que son point d'ébullition est à environ 9° C.

L.-F. Nilson. Sur l'atomicité des métaux rares des terres. *(Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin,* 1875, p. 655.)

En présence de l'incertitude qui règne encore sur la constitution atomique de quelques-uns des oxydes terreux, et en attendant que cette question soit résolue par la détermination des chaleurs spécifiques de leurs métaux ou des densités de vapeur de quelques-unes de leurs combinaisons, il y a une importance réelle à comparer la constitution de leurs sels à celle d'autres oxydes métalliques, pour en faire ressortir les analogies.

C'est dans ce but que M. Nilson résume, dans l'article dont nous donnons un extrait, les conséquences qui résultent d'un travail fort étendu qu'il a publié sur les sélénites [1].

Il montre que les combinaisons de la glucine avec l'acide

[1] *Researches on the salts of selenious acid*, in Nova Acta regiæ Soc. Scient. Upsal. 1875. En extraits dans le Bulletin de la Soc. chim. de Paris, t. XXIII, p. 260 et 353.

sélénieux offrent une grande analogie avec les sélénites de la série magnésienne. Cette analogie se manifeste par l'identité de composition des sélénites neutres, généralement représentés par la formule $MO, SeO^2 + 2H^2O$, et par une égale tendance à la formation des sélénites acides, savoir des disélénites et des trisélénites. L'existence du trisélénite de glucine est particulièremeut instructif, parce qu'il se forme exactement dans les mêmes circonstances que les sels correspondants de magnésium et de cobalt, et qu'aucune des bases à trois atomes d'oxygène ne donne lieu à des combinaisons de cet ordre.

Au contraire les oxydes de lanthane, de didyme, de cérium, d'yttrium et d'erbium ne présentent dans leurs combinaisons avec l'acide sélénieux aucune analogie avec les oxydes de la série magnésienne et en général avec les monoxydes, mais se rapprochent des oxydes à trois atomes d'oxygène, alumine, peroxyde de fer, oxydes de chrome et d'indium. Aucun d'eux ne peut former des sels plus acides que les disélénites, ces derniers mêmes n'ont pu être obtenus qu'avec le cérium et le lanthane. Ils produisent facilement au contraire des sels basiques.

Ces observations tendent donc à confirmer les vues qui ont paru généralement prévaloir, depuis quelques années, au sujet de la constitution des terres.

L'auteur ajoute quelques considérations au sujet de la place du cadmium dans la classification. On sait déjà que, si dans la plupart de ses sels ce métal appartient à la série magnésienne, il s'en écarte par la forme cristalline et le degré d'hydratation de son sulfate qui se rapproche de ceux de didyme, d'yttrium et d'erbium, en sorte que le cadmium semble établir un passage entre ces deux groupes de métaux.

L'étude des sélénites de cadmium conduit à une remarque analogue. Il forme en effet un sélénite neutre analogue à ceux de la série magnésienne, mais qui en présence d'un excès d'acide sélénieux se transforme en un $\frac{4}{3}$ sélénite ou

en un sesquisélénite, composés qui n'ont aucun analogue dans la série magnésienne, mais que l'on retrouve dans les sélénites des bases à trois atomes d'oxygène.

Les sélénites de thorine n'offrent d'analogie avec ceux d'aucun autre groupe.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Dr Vincent Chirone. Mécanisme d'action de la quinine sur la circulation. (Recherches expérimentales exécutées au Muséum d'Histoire naturelle.) — *Gazette hebdomadaire*, 1875, nos 2, 4, 5, 9, 11, 13. — Binz. La quinine. Berlin, 1875.

L'auteur du premier de ces mémoires se propose d'étudier la manière dont la quinine modifie la circulation, sans avoir égard aux autres propriétés de cet alcaloïde qu'étudie au contraire M. Binz.

M. Chirone donne d'abord un résumé bibliographique de l'innervation du cœur et de la manière dont on peut interpréter cette question difficile dans l'état actuel de la science. Il cherche à montrer, en s'appuyant sur les expériences et les opinions de M. Luciani, que la diastole cardiaque, qui peut être produite par l'excitation électrique du nerf pneumogastrique, n'est pas un phénomène purement passif dû à l'irruption du sang dans le ventricule, mais bien un phénomène actif, comparable aux dilatations actives que l'on a signalées depuis quelques années dans certains vaisseaux. M. Luciani a montré qu'en excitant le pneumogastrique on obtient des diastoles du cœur plus amples que la diastole cadavérique, ce qu'il attribue à l'action dilatatrice active que possède le pneumogastrique. MM. Schiff et Ceradini interprètent au contraire cette particularité, en disant que l'excitation du nerf vague rend les mouvements cardiaques

plus rares, la systole aurait le temps de se compléter, aussi la diastole qui lui fait suite serait plus ample qu'à l'état normal.

Si nous insistons sur cette question encore douteuse, c'est que M. Chirone fait jouer un rôle important à cette diastole active dans l'interprétation de l'action qu'il donne de la quinine sur le cœur.

Après avoir cité la diversité des opinions avancées relativement à l'influence de la quinine sur la circulation, M. Chirone rend compte de ses expériences personnelles faites sur des chiens au moyen du kymographe de Ludwig, il montre que la quinine abaisse la tension artérielle, réduit la force systolique du cœur et diminue ordinairement le nombre des systoles; mais sur certains animaux on peut observer l'augmentation de la fréquence du pouls. L'action que M. Chirone fait jouer à la quinine, relativement à la tension artérielle et au nombre des systoles, n'est pas très-caractérisée et est sujette à varier.

C'est aussi la manière de voir de M. Binz, qui dans son livre fait une analyse soignée des diverses opinions émises relativement aux modifications que la quinine produirait dans la tension artérielle :

« Il est invraisemblable, nous dit-il, que la quinine ait une « action directe sur les nerfs vasculaires en général. Person- « ne ne l'a vu jusqu'à présent; plusieurs l'ont avancé et l'a- « vancent encore aujourd'hui sans trace de preuve à l'appui. « Pour l'un, la quinine paralyse les vaisseaux; pour l'autre, « elle excite leur contractilité. D'autres font jouer au « grand sympathique un rôle important. Toutes ces opinions « ne sont que des théories qui ne reposent pas sur des faits « bien nets. »

Malgré ces difficultés, M. Chirone cherche à se rendre compte de l'élément histologique qu'affecte la quinine. Il montre que la quinine, administrée à l'état de bisulfate, à la dose de 8 centigrammes chez les grenouilles, à celle de 20 à 30 centigrammes chez un jeune chien, et à celle de 1 gr. 5 dans la jugulaire d'un lapin, peut arrêter le cœur en dias-

tole; cet arrêt peut se produire aussi bien après la section du sympathique et du nerf vague. La diastole produite est forcée et plus considérable que la diastole cadavérique.

Pendant cette diastole forcée la contractilité ne serait pas détruite, car en soumettant ce cœur au venin de crapaud, qui a la propriété d'arrêter le cœur en systole, on peut détruire la diastole produite par la quinine, les systoles se rétablissent et bientôt l'influence du venin de crapaud arrête le ventricule en systole.

A cette occasion, M. Chirone émet la singulière opinion que la digitaline, contrairement au venin de crapaud, arrête le cœur en diastole, quand au contraire il est reconnu par tous les auteurs que la digitaline, comme l'upas anthiar, l'inée, etc., offrent une action physiologique très-analogue au venin de crapaud [1] et arrêtent le cœur en systole ventriculaire.

Nous ne suivrons pas M. Chirone dans les opinions très-théoriques qu'il émet sur le mode de contraction des muscles du cœur.

Il passe ensuite à l'étude des modifications de la circulation capillaire par la quinine et montre qu'elle agit comme dilatatrice des petits vaisseaux de l'oreille du lapin, même après la section du nerf auriculaire; elle n'exerce donc pas son action sur les nerfs. La dilatation vasculaire ne dépendrait pas non plus, comme le voudrait M. Bernard, de la paralysie musculaire. Il faut admettre, ajoute-t-il, « que la dilatation est active dans le vrai sens du mot. » Cette opinion et cette théorie ne nous paraît pas éclairer beaucoup la question.

L'ouvrage de M. Binz, que nous avons déjà abordé au commencement de cette analyse, a le mérite d'être une étude critique de divers points importants de l'action physiologique de la quinine. Cet auteur, qui a déjà fait sur la quinine plusieurs publications, passe en revue l'action antiseptique

[1] Voyez à cet égard mes analyses relatives aux poisons du cœur. *Arch.*, t. XLVI, 1873, I.

et antiphlogistique de ce médicament, montre qu'il tue les organismes inférieurs, comme l'a démontré M. Rossbach et d'autres auteurs.

Relativement à son action sur le système nerveux, M. Binz analyse l'action hyposthénisante de la quinine à haute dose, l'affaiblissement des actes réflexes qu'elle produit et qu'il a étudiée en collaboration avec M. Henbach, l'abaissement de la température; autant de phénomènes dont on ne peut donner une interprétation satisfaisante dans l'état actuel de la science.

M. Binz résume enfin les opinions émises sur la contraction de la rate, que produit la quinine. Il termine par des sujets plus spécialement médicaux, et étudie l'influence de la quinine dans la septicémie et les maladies infectieuses.

Ce petit volume est un très-bon résumé bibliographique de la quinine. L'auteur ne cède pas au désir de tout interpréter théoriquement, et montre que bien des lacunes subsistent relativement à cette question.

Dr. P.

P. Bert. Influence de l'air comprimé sur la fermentation. (*Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, 28 juin 1875.)

M. le professeur Bert continue l'étude des changements produits dans les propriétés de l'air par la modification de la pression. De nombreuses notes, envoyées par lui à l'Académie des Sciences, ont été pour la plupart résumées dans ces Archives. Dans cette dernière note, l'auteur montre que de la viande soumise à une pression de 23 atmosphères n'absorbe presque pas d'oxygène et résiste presque complétement à la putréfaction, qui est complétement suspendue quand la viande a subi une pression de 44 atmosphères. Il étudie aussi par les mêmes procédés les ferments diastasiques (salive, suc pancréatique, diastase végétale, pepsine, my-

rosine, émulsine, le ferment inversif de la levure de bière) et conclut :

1° L'oxygène à forte tension arrête les fermentations proprement dites, qui ne reparaissent plus quand on rétablit la pression normale; il tue les êtres ferments.

2° Il est sans action appréciable sur les ferments diastasiques, qu'il permet même de conserver actifs pendant un temps illimité.

Dr. P.

BOTANIQUE.

Thèses de botanique a la faculté de pharmacie de paris, en 1873 et 1874.

L'enseignement de MM. Chatin et Gustave Planchon à l'école supérieure de pharmacie de Paris produit cet heureux résultat que, chaque année, quelques élèves publient de bonnes dissertations de botanique, dans lesquelles se trouvent des faits nouveaux, bien observés, et assez souvent des planches sur des détails d'anatomie. Comme preuve, nous signalerons les thèses suivantes :

Chatin (Joannes). Recherches pour servir à l'histoire botanique, chimique et physiologique du Tanghin de Madagascar. In-4°, 1873, 59 pages et 2 planches. — Dans ce travail, M. J. Chatin, digne fils du botaniste de ce nom, a donné des détails précis sur l'organisation anatomique des tiges, feuilles, fruits et graines du célèbre Tanghinia, dont les caractères extérieurs étaient seuls connus. Il rend compte aussi de nombreuses expériences sur l'intoxication de divers animaux au moyen du Tanghin.

Colignon (Louis). Des canaux sécréteurs dans les Ombellifères. In-4°, 1874, 53 pages et une planche. — L'auteur examine les canaux de sucs propres dans la racine, la tige et les fruits des Ombellifères. Ses observations augmentent le

nombre des espèces dans lesquelles on a étudié la disposition des organes intérieurs, notamment des faisceaux vasculaires souvent épars dans la moelle. Il s'en faut cependant que l'on approche de l'époque où la majorité des Ombellifères sera connue et classée au point de vue à la fois anatomique et morphologique. Beaucoup de genres n'ont pas encore été soumis à cette épreuve, de laquelle devra découler probablement une classification moins mobile que celle basée uniquement sur les graines et les canaux sécréteurs du fruit.

Verne (Claude). Étude sur le Boldo. In-4°, 1874. 52 pages et une planche coloriée. — L'essence du Peumus Boldo ou Boldoa est renfermée dans des cellules, qu'on trouve dans la feuille, la partie herbacée de l'écorce et le bourgeon. La planche montre ces cellules gorgées d'essence de couleur jaune-brun, isolées et de forme ovoïde, au milieu de cellules ordinaires. Les détails chimiques et médicaux, sur cette substance sont plus étendus que ceux relatifs à la structure botanique.

Bidermann (Joseph). Recherches sur le genre Brayera. In-8°, 51 pages. — Cet opuscule n'est pas une thèse, M. Bidermann étant déjà pharmacien de première classe, mais elle se rattache aux études de l'école d'où il est sorti. L'auteur décrit les fleurs mâles du Cousso, qui étaient peu connues, les fleurs hermaphrodites ou femelles étant les seules recueillies pour les usages pharmaceutiques. Sous ce point de vue, son travail mérite d'être consulté après tout ce qu'on a écrit sur la célèbre anthelmintique d'Abyssinie.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUIN 1875.

Le 2, éclairs et tonnerres au S.-O. ; à $6^3/_4{}^h$ l'orage passe au-dessus de l'observatoire, se dirigeant vers le N.-E., il tombe à ce moment une violente averse mêlée de grêle ; quelques grêlons mesuraient jusqu'à 15^{mm}.

3, éclairs et tonnerres à l'Est à 4^h après midi ; éclairs toute la soirée.

4, à 7^h du soir éclairs et tonnerres au N.-E.

6, hâle intense depuis midi, le Jura est invisible ; forte rosée le soir.

7, hâle tout le jour.

8, idem.

9, éclairs toute la soirée dans toute la moitié sud de l'horizon ; depuis 10^h du soir on entend le tonnerre.

10, à $2\,^1/_4{}^h$ éclairs et tonnerres au S.-O.

15, depuis $3\,^1/_2{}^h$ après midi éclairs et tonnerres au S.-O. ; l'orage passe à 4^h au-dessus de l'observatoire, se dirigeant vers le nord. A $6\,^1/_2{}^h$ un second orage éclate au sud.

16, à 5^h du soir, éclairs et tonnerres au sud.

19, bise assez forte dans l'après-midi.

21, forte rosée le matin.

23, à $7\,^1/_4{}^h$ du soir, éclairs et tonnerres au nord.

27, rosée le matin, bise assez forte dans l'après-midi.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 1 à 8 h. matin	727,34	Le 3 à 4 h. après midi	723,54
8 à 8 h. matin	734,03	9 à 6 h. soir	723,78
12 à 6 h. matin	730,79	16 à 6 h. soir	720,74
18 à 10 h. soir	729,40	21 à 6 h. soir	722,99
23 à 10 h. soir	730,19	28 à 6 h. soir	724,18
30 à 8 h. matin	727,80		

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent domi-nant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm
1	726,53	+ 0,45	+17,70	+ 2,46	+13,1	+22,2	11,47	+2,39	765	+ 53	520	930	...	...	N. 1	0,59	17,8	+ 4,5	177,4
2	725,47	— 0,66	+18,70	+ 3,34	+13,8	+25,0	11,80	+2,66	747	+ 36	510	930	17,5	2	variable	0,49	18,6	+ 5,2	178,2
3	724,83	— 1,35	+19,01	+ 3,53	+13,3	+25,6	10,94	+1,74	683	— 28	450	910	1,9	1	NE. 1	0,60	17,8	+ 4,3	178,8
4	723,33	— 2,90	+20,51	+ 4,91	+14,6	+25,6	11,53	+2,27	653	— 57	460	770	...	...	variable	0,67	18,3	+ 4,7	180,5
5	725,34	— 0,94	+18,74	+ 3,02	+15,3	+22,9	11,79	+2,47	743	+ 34	520	930	0,3	1	N. 1	0,70	19,4	+ 5,7	179,8
6	729,28	+ 2,95	+19,46	+ 3,62	+14,5	+23,7	10,76	+1,38	650	— 59	440	840	...	...	N. 1	0,48	—	—	183,6
7	733,35	+ 6,97	+20,32	+ 4,36	+12,9	+24,6	10,64	+1,20	607	—101	420	770	...	...	variable	0,12	19,7	+ 5,7	182,8
8	732,72	+ 6,29	+21,65	+ 5,57	+14,1	+28,8	11,46	+1,96	605	—103	410	820	...	...	variable	0,07	20,3	+ 6,2	183,0
9	726,81	+ 0,33	+21,79	+ 5,59	+13,8	+29,2	12,00	+2,45	627	— 80	420	810	...	...	N. 1	0,19	20,9	+ 6,7	185,8
10	726,26	— 0,27	+18,56	+ 2,25	+15,3	+24,4	10,49	+0,89	707	+ 1	430	900	10,5	4	SSO. 2	0,73	19,7	+ 5,4	186,6
11	727,62	+ 1,05	+18,29	+ 1,87	+14,8	+22,8	9,99	+0,34	650	— 56	470	670	1,4	1	SSO. 1	0,63	18,7	+ 4,3	189,3
12	729,88	+ 3,27	+17,02	+ 0 49	+12,0	+22,5	6,89	—2,81	494	—211	370	540	...	...	SSO. 1	0,11	9,7	— 4,8	190,3
13	728,09	+ 1,44	+18,82	+ 2,18	+10,0	+25,8	7,18	—2,57	475	—229	200	710	...	...	SO. 1	0,20	—	—	192,1
14	725,56	— 1,13	+22,39	+ 5,65	+14,7	+28,5	7,78	—2,02	425	—279	180	630	...	..	S. 1	0,31	14,3	— 0,4	194,3
15	723,36	— 3,37	+18,97	+ 2,13	+14,6	+26,9	11,43	+1,58	727	+ 24	440	930	11,6	4	SSO. 2	0,80	15,2	+ 0,4	193,8
16	723,04	— 3,73	+17,00	+ 0,06	+13,0	+21,4	11,55	+1,66	806	+104	580	970	2,1	1	N. 1	0,54	14,7	— 0,2	194,0
17	723,84	— 2,98	+14,51	— 2,53	+13,6	+16,7	11,01	+1,08	909	+208	770	930	11,3	12	SSO. 1	1,00	14,7	— 0,3	196,4
18	728,27	+ 1,41	+12,22	— 4,92	+11,5	+14,5	9,22	—0,75	884	+184	710	950	6,3	7	N. 1	0,94	14,6	— 0,5	199,7
19	728,10	+ 1,19	+13,55	— 3,68	+10,3	+16,8	8,27	—1,74	727	+ 28	590	900	...	...	NNE. 2	0,88	14,7	— 0,5	201,0
20	728,18	+ 1,23	+13,34	— 3,98	+11,1	+17,9	9,07	—0,98	809	+111	520	920	1,1	2	variable	0,81	—	—	201,2
21	724,19	— 2,81	+15,91	— 1,50	+ 8,2	+21,6	8,67	—1,42	646	— 51	420	840	...	...	N. 1	0,43	17,0	+ 1,6	199,8
22	727,43	+ 0,39	+17,06	— 0,44	+15,1	+19,4	10,71	+0,58	752	+ 56	610	840	1,9	1	variable	0,97	17,2	+ 1,7	198,3
23	727,77	+ 0,68	+16,71	— 0,87	+14,6	+23,9	11,74	+1,57	838	+143	650	970	8,1	8	SSO. 2	0,92	17,4	+ 1,8	192,5
24	728,56	+ 1,43	+14,84	— 2,82	+12,2	+17,9	10,48	+0,27	846	+152	610	1000	22,2	7	SO. 1	0,89	15,3	— 0,4	196,2
25	727,22	+ 0,04	+15,48	— 2,26	+12,0	+19,0	10,27	+0,02	792	+ 99	630	920	5,7	5	variable	0,89	14,7	— 1,1	196,5
26	726,55	— 0,67	+16,53	— 1,29	+11,9	+20,4	9,85	—0,43	714	+ 22	510	890	...	...	NNE. 1	0,67	15,7	— 0,2	196,0
27	726,63	— 0,64	+17,30	— 0,60	+11,7	+21,7	10,22	—0,09	702	+ 11	520	910	...	...	NNE. 2	0,39	—	—	195,5
28	725,15	— 2,16	+18,28	+ 0,31	+12,4	+22,5	10,93	+0 59	701	+ 11	490	820	...	...	NNO. 1	0,59	18,0	— 1,9	195,2
29	725,30	— 2,05	+18,78	+ 0.74	+15,8	+23,6	11,00	+0,63	699	+ 10	500	920	3,2	2	variable	0,63	18,2	— 2,0	193,7
30	727,04	— 0,35	+18,75	+ 0,64	+13,7	+23,2	10,06	—0,34	643	— 45	410	820	...	...	N. 1	0,16	18,7	— 2,4	193,0

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1875.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	727,97	728,01	727,96	727,57	727,05	726,68	726,76	727,22	727,66
2e »	726,95	727,10	726,97	726,70	726,15	725,92	725 94	726,40	726,76
3e »	726,87	726,88	726,63	726,59	726,38	726,14	726,14	726,66	727,00
Mois	727,26	727,33	727,19	726,95	726,53	726,25	726,28	726,76	727,14
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+16,47	+19,37	+20,72	+22,93	+23,74	+23,59	+22,21	+19,57	+18,68
2e »	+14 27	+15,86	+18,10	+19,17	+20,42	+19,67	+18,76	+16,70	+15,63
3e »	+14,32	+16,82	+18,44	+19,08	+19,66	+20,30	+19,71	+17,56	+16,27
Mois	+15,02	+17,35	+19,09	+20,39	+21,28	+21,19	+20,23	+17,94	+16,86
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	11,44	11,63	11,43	10,69	10,55	11,26	11,72	11,66	11,58
2e »	9,42	9,43	9,52	9 60	9,03	8,81	9,14	9,20	9,37
3e »	10,64	10,44	10,59	9,86	10,32	10,06	10,30	10,59	11,01
Mois	10,50	10,50	10,51	10,04	9,97	10,04	10,42	10,48	10,65
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	824	698	629	511	480	528	603	693	732
2e »	775	709	628	605	534	560	603	669	725
3e »	871	733	668	601	611	573	613	717	804
Mois	823	713	642	572	542	554	606	693	754

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1er décade	+14,07	+25,20	0,46	+19,17	30,2	181,7
2e »	+12,56	+21,38	0,62	+14 58	33,8	195,2
3e »	+12,76	+21,32	0,65	+16,91	41,1	195,7
Mois	+13,13	+22,63	0,58	+16,97	105,1	190,8

Dans ce mois, l'air a été calme 3,7 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,09 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 34°,7 O., et son intensité est égale à 13,68 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUIN 1875.

Le 1, brouillard une grande partie de la journée.
5, brouillard et pluie le soir.
6, brouillard presque tout le jour.
7, brouillard le soir.
8, idem.
15, pluie et brouillard depuis 10h matin.
16, brouillard une partie de la journée.
17, brouillard et pluie tout le jour.
18, idem.
19, idem, neige le soir.
20, brouillard, pluie et neige jusqu'au soir.
21, brouillard le soir.
22, brouillard presque tout le jour.
23, brouillard et pluie jusqu'au soir.
24, brouillard le matin, pluie et neige le soir.
25, pluie et brouillard tout le jour.
26, brouillard tout le jour.
27, idem.
28, brouillard et pluie le soir.
29, brouillard jusqu'au soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 2 à 10 h. matin	569,11	Le 5 à 8 h. matin	565,78
7 à 10 h. soir	573,89	10 à 2 h. après midi	566,07
12 à 10 h. soir	568,85	17 à 6 h. matin	563,31
18 à 10 h. soir	566,52	20 à 6 h. matin	564,10
22 à 10 h. soir	569,69	26 à 10 h. matin	564,86
30 à 10 h. soir	568,77		

SAINT-BERNARD. — JUIN 1875.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim			
1	567,62	+ 1,94	566,67	568,25	+ 3,85	+ 1,18	+ 3,0	+ 5,8	.....	.....	....	SO. 1	0,94
2	568,64	+ 2,87	568,32	569,11	+ 3,91	+ 1,12	+ 1,6	+ 6,0	.....	5,1.	....	SO. 1	0,64
3	566,94	+ 1,08	566,25	567,61	+ 4,91	+ 2,02	+ 2,5	+ 8,2	.....	17,1.	....	SO. 1	0,80
4	566,32	+ 0,38	566,16	566,50	+ 6,52	+ 3,51	+ 4,0	+10,0	.....	.....	....	SO. 1	0,73
5	566,14	+ 0,12	565,78	566,60	+ 5,71	+ 2,59	+ 4,5	+ 9,5	.....	14,2.	....	NE. 1	0,88
6	569,15	+ 3,04	567,23	571,08	+ 4,70	+ 1,47	+ 3,6	+ 7,4	.....	.....	....	NE. 1	0,90
7	572,59	+ 6,40	571,90	573,89	+ 6,90	+ 3,56	+ 3,2	+ 9,9	.....	.....	....	NE. 1	0,37
8	573,04	+ 6,77	572,62	573,38	+ 8,22	+ 4,77	+ 6,3	+10,8	.....	.....	....	NE. 1	0,22
9	569,88	+ 3,53	569,09	570,90	+11,76	+ 8,21	+ 7,4	+16,0	....	.....	....	NE. 1	0,26
10	567,06	+ 0,63	566,07	568,50	+ 7,79	+ 4,14	+ 6,1	+10,8	.....	.....	....	SO. 2	0,62
11	567,23	+ 0,72	566,87	567,57	+ 6,46	+ 2,71	+ 4,4	+10,0	.....	.....	....	SO. 2	0,40
12	568,22	+ 1,63	567,30	568,85	+ 7,88	+ 4,03	+ 6,0	+10,0	.....	.....	....	NE. 1	0,17
13	568,00	+ 1,33	567,45	568,77	+ 7,09	+ 3,14	+ 2,5	+11,0	.....	.....	....	SO. 1	0.17
14	567,73	+ 0,98	567,17	568,05	+ 8,23	+ 4,19	+ 4,3	+11,4	.... .	.....	....	SO. 1	0,28
15	566,39	— 0,43	565,77	567,23	+ 5,46	+ 1,33	+ 2,8	+ 9,0	.....	12,0.	....	SO. 1	0,80
16	565,17	— 1,73	564,64	565,55	+ 5,91	+ 1,69	+ 4,0	+ 7,6	.....	14,0.	....	SO. 1	0,83
17	564,13	— 2,84	563,81	564,76	+ 3,14	— 1,17	+ 2,7	+ 4,8	.....	24,2.	....	SO. 1	1,00
18	565,37	— 1,67	564,48	566,52	+ 1,31	— 3,09	+ 0,6	+ 4,0	.....	28,4.	....	variable	0,99
19	564,86	— 2,25	564,66	565,22	— 0,65	— 5,14	— 0,4	+ 0,7	.....	5,2.	....	NE. 1	1,00
20	564,76	— 2,42	564,10	565,08	— 1,67	— 6,25	— 2,0	+ 0,4	80	9,6.	....	NE. 2	0,89
21	564,73	— 2,52	564,38	565,42	+ 3,16	— 1,50	— 0,4	+ 6,6	.....	.....	....	SO. 1	0,47
22	568,33	+ 1,01	566,40	569,69	+ 1,90	— 2,84	+ 0,9	+ 4,0	.....	.....	....	SO. 1	0,90
23	568,74	+ 1,35	568,31	569,56	+ 3,34	— 1,48	+ 2,7	+ 4,8	.....	45,2.	....	SO. 2	0,84
24	566,85	— 0,60	566,71	567,10	+ 2,13	— 2,77	+ 1,8	+ 5,4	.....	.....	....	variable	0,87
25	565,37	— 2,14	565,25	565,61	+ 1,19	— 3,79	+ 0,2	+ 3,0	.....	16,8.	....	NE. 1	1,00
26	565,33	— 2,24	564,86	565,92	+ 1,75	— 3,30	+ 0,8	+ 4,4	.....	.....	....	NE. 1	0,94
27	566,32	— 1,31	566,14	566,67	+ 3,37	— 1,75	+ 1,6	+ 5,5	.....	.....	....	NE. 1	1,00
28	565,77	— 1,92	565,36	566,15	+ 6,22	+ 1,03	+ 4,5	+ 8,2	.....	7,5.	....	variable	0,68
29	566,18	— 1,57	565,50	566,93	+ 5,03	— 0,23	+ 4,0	+ 7,2	.....	10,2.	....	NE. 1	0,89
30	567,95	+ 0,14	567,42	568,77	+ 7,90	+ 2,57	+ 5,4	+10,8	.....	.....	....	NE. 1	0,26

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1875.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	568,66	568,75	568,90	568,81	568,66	568,63	568,60	568,75	569,07
2e »	566,02	566,17	566,29	566,26	566,23	566,09	566,09	566,28	566,44
3e »	566,16	566,25	566,34	566,47	566,56	566,60	566,74	566,94	567,14
Mois	566,95	567,06	567,17	567,18	567,15	567,11	567,14	567,32	567,55
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 4,71	+ 6,45	+ 7,65	+ 8,55	+ 9,03	+ 8,50	+ 7,36	+ 6,07	+ 5,62
2e »	+ 3,30	+ 5,24	+ 5,70	+ 6,34	+ 6,37	+ 5,90	+ 5,09	+ 3,76	+ 3,23
3e »	+ 2,17	+ 3,78	+ 4,53	+ 5,22	+ 5,43	+ 4,97	+ 4,37	+ 4,24	+ 3,74
Mois	+ 3,39	+ 5,16	+ 5,96	+ 6,70	+ 6,94	+ 6,46	+ 5,61	+ 4,69	+ 4,20

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade	+ 4,22	+ 9,44	0,64	36,4	—
2e »	+ 2,49	+ 6,89	0,65	93,4	80
3e »	+ 2,15	+ 5,99	0,78	79,7	—
Mois	+ 2,95	+ 7,44	0,69	209,5	80

Dans ce mois, l'air a été calme 0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,11 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 5,93 sur 100.

* Voir la note du tableau

SUR LA

MÉTHODE DES SOMMES DE TEMPÉRATURE

APPLIQUÉE AUX

PHÉNOMÈNES DE VÉGÉTATION

PAR

M. ALPH. DE CANDOLLE

Lorsque, dans ma *Géographie botanique raisonnée*, en 1855, j'ai appliqué la méthode des sommes de température aux faits concernant les limites d'espèces, elle était à peine connue. Depuis, on s'en est beaucoup servi, principalement pour des questions d'agriculture; mais en même temps un illustre savant, M. Schacht[1], l'a repoussée comme ne répondant pas aux données expérimentales sur l'action de la température dans le développement des végétaux. Il insiste sur ce que l'effet de la chaleur peut être représenté sous la forme d'une courbe, propre à chaque fonction et chaque espèce, tandis que la méthode des sommes repose sur l'hypothèse d'un effet égal de degré en degré et de jour en jour, qui serait représenté graphiquement par une ligne droite. A cet égard, cependant, le célèbre physiologiste n'a rien dit de plus net que la phrase

[1] Physiologische Untersuchungen über die Abhängigkeit der Keimung der Temperatur, dans *Pringsheim*, *Jahrbuch*, 2, p. 370.

suivante de ma Géographie botanique (p. 46) : « *Il ne faut pas s'imaginer qu'une chaleur de 20°, par exemple, doive produire nécessairement un effet double sur les végétaux d'une chaleur de 10° pendant le même temps ; ni surtout qu'une chaleur de 40° doive produire un effet double de 20°. Plus on s'éloigne d'un certain milieu de température qui convient à une espèce, plus il est probable qu'une chaleur additionnelle ne produit pas un effet proportionné.* » Ailleurs (p. 57, etc.), j'ai répété que la méthode des sommes est approximative, qu'il faut l'employer comme une hypothèse, plus ou moins vraisemblable, selon les cas, et admissible surtout en ce qui concerne la période de la *végétation active et des températures ordinaires* (p. 58, ligne 6).

Tout en reconnaissant cette méthode comme imparfaite, un grand nombre de botanistes et d'agriculteurs ont continué de s'en servir, à défaut d'une autre plus exacte. Je me suis efforcé, avec eux, de la soumettre à des expériences directes, afin de constater l'étendue des erreurs possibles et les circonstances dans lesquelles, en l'appliquant, on s'éloigne le moins de la vérité. C'est dans le même esprit que des mathématiciens ont calculé des sommes de température aux époques de feuillaison, floraison et maturation de diverses espèces en divers pays, et si la méthode a montré, dans ce cas et dans quelques autres, certains côtés faibles, elle a rendu aussi des services. Je crois donc le moment venu de résumer les progrès acquis sur ce point, et, dans ce but, je me propose d'indiquer ce qu'on a constaté de plus réel quant à la manière d'agir de la température : 1° sur chaque fonction isolée d'une plante, 2° sur l'ensemble de sa végétation, jusqu'à la maturité des graines. On sera frappé de la concordance des

résultats obtenus dans ces recherches avec ceux que j'avais signalés en étudiant les limites géographiques des espèces sur le continent européen.

Dans ce travail de révision, je pourrai me dispenser de parler des deux méthodes proposées jadis par MM. Babinet et Quetelet (Voyez *Géogr. bot.*, p. 55-57) pour mesurer l'action de la température. La première (celle des forces vives) a été trouvée tout à fait inexacte[1], et la seconde (la somme des carrés) approche moins de la réalité des faits que la méthode ordinaire[2] des sommes au-dessus de 0°, tout en étant d'ailleurs d'un usage moins facile.

§ 1. *Effets de la chaleur à l'égard de chaque fonction, étudiés par la voie d'expériences.*

Les fonctions physiologiques sont toujours compliquées et se mêlent plus ou moins les unes aux autres. On s'efforce de les distinguer, pour plus de clarté et de facilité dans l'étude, mais il est presque impossible d'y parvenir d'une manière satisfaisante. Ainsi, la germination passe insensiblement à la croissance de la tige; la feuillaison s'annonce par la formation lente et obscure d'un bourgeon; elle continue par la production de mérithalles et de feuilles; la floraison commence par un bourgeon formé d'un

[1] Voir de Gasparin, *Influence de la température sur les progrès de la végétation* (Mém. Soc. imp. d'Agric., 1855), exemplaires à part, p. 13.

[2] Voir de Gasparin, *ibid.*, p. 12. — L'hypothèse reposait sur l'idée que les variations de température sont avantageuses à la plante, mais les expériences de M. Pedersen prouvent qu'elles sont tantôt avantageuses et tantôt nuisibles (*Arbeiten des botan. Institutes in Würzburg*, 1874, Heft 4, p. 578).

rameau et de feuilles ; enfin, la maturation du fruit passe à celle de la graine. Plusieurs de ces périodes peuvent être subdivisées, mais d'une façon qui n'est pas bien définie quant aux limites. Dans le tissu intérieur se passent d'autres fonctions, qui sont elles-mêmes complexes et mélangées, puisque les organes en apparence les plus simples ne le sont pas et se trouvent juxtaposés de manière à influer les uns sur les autres. Quelques phénomènes, comme la circulation dans une cellule de Chara, peuvent être regardés comme simples, relativement parlant, mais ils sont d'une telle nature qu'il faut les observer dans des conditions artificielles, sous un microscope, avec des chances d'erreur difficiles à apprécier.

Évidemment, chaque fonction doit commencer et s'achever lentement. Cela résulte de la complication même des moyens qui produisent les phénomènes. Toute machine ne travaille pas dès la première impulsion qu'elle reçoit, parce que la force doit se propager et surmonter divers obstacles. Une fois en train, la machine marche à peu près selon la force qui lui est donnée. Plus tard, l'effet total obtenu devient souvent un obstacle et peut même arrêter le mouvement. Par exemple, un appareil hydraulique destiné à remplir un bassin, s'arrête quand le bassin est plein, si le liquide ne peut pas s'écouler. De même les débuts de beaucoup de phénomènes végétatifs sont obscurs, et leur terme est amené par des causes quelquefois forcées, dont l'effet commence par ralentir. Une feuille, par exemple, se produit lentement, elle grandit avec assez de régularité et de promptitude, puis sa masse de plus en plus difficile à soulever par adjonction de nouvelles cellules, amène un ralentissement, et enfin un arrêt. Il faut donc s'attendre, en général, à constater peu d'effet

d'une cause extérieure comme la température, au commencement et à la fin des phénomènes. Heureusement, il est permis de négliger, dans beaucoup de cas, les commencements et la fin comme choses peu apparentes et peu influentes. L'essentiel est ordinairement de savoir si, dans l'intervalle, la marche est à peu près proportionnelle à l'impulsion donnée.

La force appelée chaleur peut être appréciée dans les végétaux, soit par la vitesse du mouvement qu'elle imprime, soit par les matériaux transportés en définitive par le mouvement. C'est à peu près comme si on mesurait l'effet de la vapeur sur un chemin de fer en observant la marche des waggons, ou bien en comptant le poids des objets transportés d'une station à l'autre dans un temps déterminé.

Je citerai de bonnes observations d'après les deux méthodes.

M. Nägeli[1] a étudié le mouvement du protoplasma dans une cellule terminale de la feuille du *Nitella syncarpa* sous des températures de + 1° C. à + 37°. Sans être bien persuadé que l'habile observateur ait pu savoir exactement la température, de seconde en seconde, sous son objectif, dans une chambre éclairée et de température variable, je transcrirai ses chiffres, les variations par l'effet de causes extérieures ne pouvant pas avoir été bien grandes.

A 0°, il n'y avait pas de circulation, mais à partir de 1°, un dixième de millimètre a été parcouru par un même globule, d'après la moyenne de plusieurs observations, sous :

[1] *Beiträge zur Wissensch. Botanik*, Heft 3, p. 77.

		11° en 7″		21°		31° en 1″,5	
1° en 60″		12°	6″,4	22° en 3″,2		32°	
2°	47″	13°		23°		33°	
3° ½	33″	14°	5″,4	24°	2″,8	34°	1″,0
5°	24″	15°	5″,0	25°		35°	
6°	19″	16°	4″,6	26°	2″,4	36°	
7°	15″	17°	4″,3	27°		37°	0″,6
8°	11″,5	18°	4″,0	28°	2″,0		
9°	9″,5	19°	3″,8	29°			
10°	8″,0	20°	3″,6	30°			

Au-dessus de 37°, la circulation s'arrêta subitement.

Le mouvement était régulier sous chaque degré de température. En d'autres termes, sous 10°, par exemple, il passait un globule dans la longueur d'un dixième de millimètre en 8 secondes, par conséquent deux en 16″, 3 en 24″, etc. Chaque durée de 8″ ajoutait, dans ce cas, à la somme des températures 80°.

Si l'on veut comparer les sommes de température dans tous les cas observés, il faut multiplier les temps par les degrés du thermomètre. On obtient alors :

Degrés.	Sommes.	Degrés.	Sommes.	Degrés.	Sommes.	Degrés.	Sommes.
1	60	11	77	20	72	29	
2	94	12	76,8	21		30	
3 ½	115	13		22	70,4	31	46,5
5	120	14	75,6	23		32	
6	114	15	75,0	24	67,2	33	
7	105	16	73,6	25		34	34,0
8	92	17	73,1	26	62,4	35	
9	85,5	18	72,0	27		36	
10	80	19	72,2	28	56	37	22,2

Entre 9 et 22°, le temps et la chaleur se compensent

à peu près, puisque les sommes sont fort peu différentes. Au-dessous et au-dessus un degré de plus de température produit des effets tout autres. Par conséquent, pour ce phénomène particulier, la méthode des sommes ne donne des indications suffisamment approchées de la vérité que sous les températures de 9-10° à 22-23°.

Dans cette expérience, la chaleur se montre bien ce qu'elle est d'après les notions actuelles de physique : un mouvement, cause lui-même de mouvements. Il n'y a, en effet, ni formation de tissu, ni transformation de substances qui puissent faire illusion. Je citerai maintenant des phénomènes dans lesquels la chaleur produit des effets plus compliqués, les uns de transport de liquides, les autres de transformation et d'accroissement du tissu cellulaire. Ces derniers, il est vrai, sont aussi des transports de molécules qui créent de nouvelles apparences, car les matériaux des cellules sont tirés de substances adjacentes.

La germination des graines sous différents degrés de température a été étudiée successivement par M. Fr. Burckhardt[1], M. Schacht[2], moi-même[3], M. de Vries[4], M. Kœppen[5], et M. Pedersen[6]. Nous avons tous constaté

[1] Ueber die Bestimmung des Vegetationsnullpunktes, dans *Verhandl. der naturf. Ges. in Basel*, 1858, II, 1, p. 47-62.

[2] Ueber Abhängigkeit der Keimung von der Temperatur, dans *Pringsheim Jahrb.*, 1860, vol. 2, p. 343

[3] De la germination sous des degrés divers de température constante, dans *Archives des sciences phys. et nat.*, 1865, t. XXIV, p. 243.

[4] Matériaux pour la connaissance de l'influence de la température sur les plantes, dans *Archives néerlandaises*, 1870, vol. 5, p. 400.

[5] Wärme und Pflanzenwachsthum, dans *Bull. de la Soc. imp. des natur. de Moscou*, 1871, vol. 2, p. 41.

[6] Haben Temperaturschwankungen, etc., dans *Arbeiten des bot. Instituts in Würzburg*, 1874, Heft 4.

un minimum de température au-dessous duquel chaque espèce ne peut germer, quel que soit le temps qu'on lui accorde, mais, pour observer le phénomène de la germination, nous avons employé des procédés différents et avons suivi des périodes de végétation différentes. La fixité des températures, surtout de celles voisines de 0°, a été plus grande dans mes expériences que dans les autres. Au moyen d'un appareil à réservoir de glace, j'ai pu maintenir la température de 0° pendant plus de 35 jours, sans aucune variation, et d'autres températures avec une variation qui n'a jamais dépassé un degré. J'arrêtais mes observations lorsque la radicule de la plante se montrait hors de la graine, et comme j'opérais dans une cave obscure, la lumière n'a jamais pu intervenir pour modifier le moins du monde l'effet de la chaleur. M. Burckhardt et M. Schacht n'ont pas expérimenté sous des températures aussi fixes, ni aussi nombreuses, et ils ont continué d'observer jusqu'à l'épanouissement des cotylédons, et même au delà, dans des chambres exposées à la lumière. MM. de Vries, Kœppen et Pedersen ont suivi la méthode de M. Schacht, avec ou sans modifications. Ainsi ma période d'observation a été plus courte, plus définie, et, entre les levées des graines que j'étudiais dans chaque espèce, la seule influence qui ait différé était la chaleur.

J'ai opéré sur dix plantes, appartenant à huit familles, sous des températures fixes, chacune comprise entre 0° et 41° C. Mon mémoire donne les chiffres obtenus, et une planche indique, sous forme de courbes, le temps de la germination sous l'influence de chaque degré. Voici deux exemples, l'un relatif à une espèce qui germe sous un minimum très-bas, l'autre à une espèce où le minimum est au contraire élevé.

La moutarde blanche, *Sinapis alba*, a germé sous 0°, le dix-septième jour[1]. Ce minimum, aurait peut-être été trouvé plus bas encore, si j'avais pu conserver autour des graines de l'eau liquide à — 0°,5 ou — 1°, comme on y parvient dans des expériences de laboratoire, mais il m'a fallu abandonner ce détail un peu théorique et d'une difficulté très-grande aux recherches des physiciens. Entre 0° et 5 à 6°, chaque degré de température accélère beaucoup la germination du sinapis; ainsi, à 2°, quinze jours suffisent, à 4°, neuf jours. Ensuite il s'établit une marche plus régulière; l'accélération est moindre de degré en degré. De 12° à 20°, la levée a toujours lieu le second jour. A 21°, les graines germent en moins d'un jour (22 heures). Tel a été le maximum de vitesse, bien peu caractérisé relativement à celle sous les températures moins élevées. A partir de 25°, la vitesse s'est montrée un peu moindre. Sous 28°, une faible proportion des graines

[1] Avant cette expérience, on n'avait pas constaté de germination sous 0°. Il fallait employer pour cela un appareil de laboratoire, puisque dans le cours ordinaire des choses, au bord d'un glacier et même dans sa masse, la lumière, le vent, la pluie font varier des températures voisines de 0°, du moins dans un intervalle de temps un peu long. Chacun sait à quel point il est difficile de maintenir la température de la glace fondante quand on veut vérifier l'échelle d'un thermomètre. Que serait-ce s'il s'agissait d'une opération devant durer vingt ou trente jours? Depuis mes observations, le hasard a fourni deux autres exemples de germination à 0°. M. Uloth les a constatés (*Flora*, 1871, p. 185) pour des graines d'*Acer platanoides* et *Triticum vulgare*, qui s'étaient trouvées enfouies dans la glace d'une glacière obscure. L'auteur présume que ces graines avaient produit un peu de chaleur, grâce à la germination elle-même. Dans mon expérience, les graines de *Sinapis*, dont la petitesse est connue, étaient séparées les unes des autres par beaucoup de sable à 0° qui devait absorber vite la chaleur s'il s'en produisait. L'impulsion donnée à la plante venait peut-être alors uniquement de l'absorption d'eau et de gaz.

a pu germer, et cela à la fin du troisième jour. L'espèce souffrait évidemment. A 40°, aucune graine n'a levé.

Le melon Cantaloup, *Cucumis Melo var.*, n'a pas germé sous les températures inférieures à 16°,5. A 17°, il a fallu plus de neuf jours. Depuis 19°, la marche est devenue à peu près uniforme, la levée jusqu'à 24° étant le troisième jour. De 25° à 28° elle s'est ralentie légèrement, car elle a eu lieu alors le quatrième jour, et jusque sous 40°, elle s'est maintenue à peu près ainsi. A 40°,6, une graine a levé en 94 heures, soit 4 jours, moins deux heures.

Les autres espèces ont montré également une accélération d'abord rapide, ensuite assez uniforme pendant une longue série d'augmentations de température, et enfin un ralentissement, moins prononcé que l'accélération voisine du minimum. Les graines de *Collomia coccinea* (Polémoniacée annuelle) ont offert une exception bizarre. Elles peuvent germer entre 5 et 6°, mais elles ne marchent aisément que dans l'intervalle étroit de 9 à 17°. Au-dessus, la chaleur devient si nuisible à l'espèce que sous 21° il lui faut 27 jours! Au delà, elle ne lève plus.

Les courbes, tracées en prenant la ligne verticale pour représenter les degrés de température et l'horizontale pour les jours, font voir dans toutes les espèces : 1° une branche inférieure (prolongée surtout quand le minimum de l'espèce est bas); 2° une partie plus ou moins longue, presque parallèle à la ligne des températures; 3° une branche supérieure, qui s'éloigne ordinairement peu de la verticale. Les graines de *Collomia* font exception par la brièveté de la partie moyenne et par la circonstance que la branche supérieure est plus étendue que l'inférieure.

Les sommes de température expriment les mêmes faits

sous une forme différente. Je vais les rappeler, en laissant de côté le *Collomia*, qui est exceptionnel, le *Linum*, où la sortie du germe présente des difficultés d'observation qui ont rendu les dates un peu incertaines, les *Nigella* et *Iberis amara*, où certaines graines n'ont pas levé par des causes inconnues, le *Cucumis Melo*, pour lequel le minimum est douteux et les termes de comparaison trop limités, et le *Maïs*, dont la courbe fait présumer des erreurs d'observation, tenant peut-être à la grosseur de la graine.

SINAPIS ALBA

Température.	Jours	Sommes au-dessus du minimum qui est 0°
0°	17	0
1°,9	16	30,4
5°,7	4	22,8
9°,0	3 1/2	31,5
13°,0	1 3/4	22,7
17°,2	1,7	29,2
21°,1	1,9	40,1
25°,1	1 1/2	37,6
28°	3	84,0

LEPIDIUM SATIVUM

Température.	Jours.	Sommes au-dessus de 0°	Sommes au-dessus de 1° (le minimum)
1°,65	30	49	19
3°,0	11	33	22
5°,7	5	28	23
9°,2	3	28	25
13°,2	1,75	23	21
17°,0	1,5	25	24
21,1	1,58	33	32
28°,0	1,6	44	43

Trifolium repens

Température.	Jours.	Sommes au-dessus de 0°	Sommes au-dessus 5°,5 (le minimum)
5°,7	10	57	2
9°,2	5	46	18
13°,2	3	39	23
17°,0	2,6	44	30
21°,1	1 3/4	37	27
25°,0	1 3/4	44	34
28°,0	3	84	67

Sesamum orientale

Température.	Jours.	Sommes au-dessus de 0°	Sommes au-dessus 11° (le minimum)
12°,6	9	113	14
16°,9	3	51	17
21°,1	1,4	29	14
24°,6	0,94	23	13
28°,0	0,92	25	15
40°,7	0,44	18	13

Il ressort de ces chiffres deux choses dignes d'attention :

1° Dans les deux manières d'additionner les températures, soit au-dessus de 0°, soit au-dessus du minimum de l'espèce, les premiers et derniers chiffres font disparate avec les intermédiaires, surtout quand il s'agit d'une espèce qui peut germer sous des températures très-différentes. La plante se montre ici comme une machine à vapeur, dont il ne faut pas calculer le travail avec une quantité insuffisante de combustible, ni en la chauffant au point qu'elle soit près d'éclater.

2° Lorsque le minimum indispensable de température est connu pour une espèce, en calculant les sommes au-

dessus de ce minimum, on trouve des chiffres plus semblables qu'en partant de 0°.

M. Burckhardt avait déjà fait cette remarque au sujet du *Lepidium sativum*, seulement elle n'était pas basée sur un aussi grand nombre de températures, ni surtout sur des températures aussi constantes. Ses chiffres ont pu d'ailleurs être influencés par la lumière. Il est inutile de les comparer aux miens, parce qu'ils concernent une période de végétation plus longue.

M. Schacht s'est attaché à suivre la jeune plante dans une période plus étendue encore, qu'il n'a cependant pas limitée d'une manière précise, par exemple à l'expansion ou l'achèvement d'une première ou d'une seconde feuille. Il a préféré s'arrêter à une durée de douze jours, et, dans ce laps de temps, de 48 heures en 48 heures, il a mesuré l'accroissement de la racine principale et de la tige dans plusieurs espèces [1]. Comme je l'ai déjà dit, ses expériences étaient faites dans une chambre éclairée et sous des températures qui n'étaient pas très-fixes, ni, en général, très-différentes les unes des autres. Ses principales observations ont eu lieu sous 10 à 13° R., et d'autres sous des températures beaucoup plus élevées, mais aucune dans le voisinage de 0°.

En calculant les produits, du moins ceux qui se montrent sous la forme d'un allongement des organes, l'auteur a trouvé, par exemple pour le blé d'hiver, sous des

[1] M. H. Hoffmann *(Witterung und Wachsthum)*, en 1857, avait déjà suivi l'accroissement des tiges et racines de plusieurs espèces, en les mettant en comparaison avec les températures moyennes ou extrêmes et les sommes calculées de diverses manières. Il le faisait à l'air libre, mais dans des conditions qui ressemblent à celles d'un laboratoire par l'uniformité de plusieurs des causes d'influence. J'y reviendrai plus loin.

moyennes de 11°,5 à 11°,8 R. (10° à 13° R. quant aux extrêmes), les longueurs suivantes de la racine et de la plumule, exprimées en millimètres :

	Racine.	Plumule.
1er jour, longueur primitive	3	1,0
4me jour, longueur totale	37	4,8
6me » »	79	13,2
8me » »	118	31,2
10me » »	275	81,0
12me » »	343	118,0

En tenant compte seulement des accroissements, et de deux en deux jours, ils ont été pour les

	Racine.	Plumule.
1er et 2me jours,	3	1,0
3me et 4me »	34	3,8
5me et 6me »	42	8,4
7me et 8me »	39	18,0
9me et 10me »	157	49,8
11me et 12me »	68	37,0

Ainsi les allongements d'organes se sont accrus d'abord, mais au delà d'un certain temps ils ont diminué. M. Schacht signale pour chaque espèce, et pour une température qu'on peut regarder comme assez fixe, un point de croissance parfaite *(optimum)*. Nous avions aussi obtenu, en mesurant la rapidité de la première élongation du germe sous des températures différentes, un degré *optimum*, seulement il était moins caractérisé, et c'est un des motifs pour lesquels je répugne à l'emploi de l'expression *optimum*, comme je l'expliquerai tout à l'heure plus positivement.

L'auteur insiste sur ce que les accroissements, dans cette période de végétation, ne sont pas en raison des

sommes de température. Pour compléter sa démonstration, j'indiquerai les sommes qui résultent de ses chiffres de température, d'après les moyennes de chaque double période de 48 heures.

4me jour	47°,2 R.
6me »	69°,6
8me »	92°,8
10me »	115°
12me »	140°,4

M. Hugo de Vries (*Archives néerlandaises*, 1870, v. 5, p. 401) a suivi exactement la méthode de M. Sachs sous des températures différentes et en employant quatre des espèces sur lesquelles j'avais expérimenté. Je citerai ses chiffres en ce qui concerne le *Sinapis alba*. Il ne faut pas oublier que la période observée s'étend plus loin que la mienne.

Voici les longueurs, en millimètres, atteintes par la radicule, dans deux jours, sous des températures différentes, exprimées en degrés centigrades. Je mets en regard les sommes.

	Millimètres.	Sommes.
15°,1	3,8	30,2
21°,6	24,9	43,2
27°,4	52,0	54,8
30°,6	44,1	61,2
33°,9	30,2	67,8
37°,2	10,0	74,4

M. Kœppen (*Bull. Soc. nat. de Moscou*, 1871, vol. 2, p. 80) a répété également les expériences de M. Schacht, sur quelques-unes des mêmes espèces et sur le *Lupinus albus*. Il a trouvé, sous des températures constantes, cha-

cune comprise entre 14°,4 C. et 39°,6 C., des accroissements de la partie au-dessous des cotylédons de plus en plus forts, jusqu'à un certain degré propre à l'espèce, à mesure qu'il s'agit d'une température plus élevée, et qui diminuent ensuite. M. Pedersen a eu des résultats analogues, mais il s'est attaché surtout à voir l'effet des variations de température.

Dans toutes ces expériences, selon la méthode de Schacht, il s'agit, je le répète, du produit estimé par un allongement d'organes dans un temps déterminé et sous différentes températures, tandis que dans mes expériences la longueur d'accroissement était fixe pour chaque espèce, et l'effet de la chaleur était mesuré par le temps exigé pour l'allongement. En outre, dans la période que j'examinais les phénomènes de végétation de la plante sont moins compliqués.

La germination, considérée dès le semis jusqu'à une période plus ou moins avancée du développement de la tige et des feuilles, comprend en effet plusieurs phénomènes. Il y a d'abord l'absorption ou l'imbibition par la graine et par l'embryon. D'après les recherches de M. de Vries, la chaleur favorise la pénétration des liquides dans les tissus végétaux. Ensuite l'embryon s'accroît, et, avec la manière d'opérer de M. Burckhardt, de M. Schacht et de ses imitateurs, la production de chlorophylle, sous l'influence de la lumière, vient ajouter une cause d'accroissement à celles qui existent au moment où la radicule vient de sortir dans des conditions de complète obscurité. La production de chlorophylle et l'évaporation par les stomates, résultant de la lumière, donnent à la jeune plante de nouveaux matériaux et activent la circulation, indépendamment de la chaleur.

Sur les fonctions qui suivent les premiers développements de la plante, il a été fait peu d'expériences, et véritablement elles sont de leur nature très-difficiles, à cause de la complication inévitable des influences et des phénomènes.

S'agit-il de la feuillaison ? Personne n'ignore que l'humidité intérieure de la plante lui est favorable, comme la chaleur. Il faudrait donc, pour déterminer l'action de la température, voir se développer des bourgeons de pieds également arrosés et soumis à des températures fixes, de degrés différents. Mais dans ce cas même, l'état antérieur du végétal est une cause qu'il faudrait pouvoir éliminer. Si la plante a accumulé dans son tissu, avant l'expérience, des matériaux nutritifs plus abondants ou mieux distribués, l'accroissement des branches et des feuilles en sera modifié. Les horticulteurs estiment, en général, qu'un repos complet pendant l'hiver favorise le développement au printemps, tandis qu'une végétation entretenue par la chaleur pendant l'hiver produit un effet contraire[1]. Les observations sur la feuillaison de végétaux, en rase campagne, sont très-nombreuses, mais comment dégager l'effet d'une certaine température au milieu des variations continuelles de chaleur et d'humidité, sans parler des conditions antérieures de l'hiver et de celles du tissu interne qu'on ne peut pas toujours supposer semblables dans diverses localités ou années? Malgré ces obstacles et ces complications, il existe déjà quelques faits basés sur des

[1] Voir un excellent chapitre de Lindley, *on resting* (sur le repos), dans sa *Theory and pratice of horticulture*, 1855, p. 506. Les expériences de M. Krasan sur des boutons de saule, soumises aux mêmes conditions de chaleur et d'humidité, à différentes époques de l'hiver, sont aussi très-probantes (*Sitzungsber. Akad.* Wien, April 1873).

expériences ou sur de bonnes observations, principalement pour le début de la feuillaison.

Le premier développement du bourgeon résulte de la chaleur qu'il reçoit de l'atmosphère, à l'endroit même où il se trouve, indépendamment de la température qui affecte les autres parties du végétal, ceci est démontré par une expérience d'Augustin-Pyramus de Candolle, en 1827, sur des boutures de saule placées la base hors d'une serre et le sommet dans l'intérieur [1]. M. Duchartre a confirmé pleinement ce fait par d'autres expériences, plus étendues, sur la vigne [2]. Le développement ultérieur de la branche dépend beaucoup des sucs communiqués par la tige, indépendamment de l'action de la chaleur, de l'humidité et la lumière sur la branche même et les feuilles qui se succèdent. La complication de ces causes résulte clairement des observations du comte de Gasparin sur les pousses de mûrier [3]. Celles de M. Quetelet [4] et de M. Duchartre [5] sur des cultures forcées de lilas montrent bien que la chaleur accélère l'évolution des rameaux, même à l'obscurité, mais ces deux zélés observateurs ont donné les résultats généraux d'expériences et de pratiques très-curieuses, sans avoir suivi les températures et les accrois-

[1] Mémoire sur les lenticelles (*Ann. des Sciences nat.*, juin 1827), sixième observation.

[2] Expériences sur le développement individuel des bourgeons, *Journal de la Soc. imp. et centr. d'Hortic.*, 1865, vol. XI.

[3] Influence de la température sur les progrès de la végétation. *Mém. de la Soc. centr. d'Agriculture*, 1855.

[4] Sur les moyens de faire donner aux plantes leurs feuilles, leurs fleurs et leurs fruits à des époques déterminées. *Bull. de l'Académie royale de Belgique*, vol. 19, n° 4.

[5] Examen physiologique des cultures forcées de lilas, de M. Laurent aîné. *Journal de la Soc. impér. et centr. d'Hortic.*, 1860, vol. 6, p. 272.

sements de jour en jour. D'ailleurs les températures n'étaient ni assez variées, ni chacune assez constante.

L'influence de l'époque à laquelle est donnée la chaleur ressort çà et là des observations. Ainsi, d'après M. Duchartre, il faut au mois de novembre quelques jours de plus qu'au mois de janvier, et surtout qu'aux mois de février et mars, pour obtenir dans les cultures forcées de M. Laurent la feuillaison et la floraison du lilas. Le moment favorable est celui où la reprise de la végétation a lieu naturellement pour cette espèce en plein air. Dans ce cas, ce doit être la distribution de certains sucs dans le tissu de la plante qui influe. A la fin de la feuillaison, une autre influence se fait sentir : le même degré de chaleur ne produit plus le même allongement d'un rameau. Ainsi, à Orange, la température du mois d'octobre 1854 fut plus élevée que celle des mois de mai et juin suivants, et cependant, pour la principale branche de mûrier observée par M. de Gasparin, les mérithalles émis en octobre avaient seulement 44 millimètres de longueur, tandis que ceux de mai et juin en avaient 50 et 60,7.

M. de Gasparin rappelait ce qu'on voit facilement dans le mûrier, que l'humidité contribue beaucoup à l'extension des branches et à la grandeur des feuilles, tandis que la sécheresse produit des effets contraires. Or, dans les observations en rase campagne, cette influence intervient toujours, de même que celle du terrain, de la fumure, etc. L'auteur insiste aussi sur la végétation des diverses branches qui diffère selon leur position et direction, quoique la chaleur, l'humidité et le terrain soient semblables dans la même année. La chaleur fait ouvrir les bourgeons, mais il faut que ceux-ci trouvent au-dessous d'eux un liquide nutritif pour que la branche s'allonge.

Depuis ces observations de M. de Gasparin, M. Faivre en a fait d'autres, très-intéressantes, sur les résultats de l'enlèvement des feuilles chez le mûrier[1]. Lorsque la température est convenable, un rameau privé de ses feuilles continue de s'allonger, seulement il est mal constitué à l'intérieur et ne grossit pas. Des feuilles nouvelles, mais plus petites, se multiplient, et quand on les laisse subsister, la formation des tissus se rétablit. On sent combien il est difficile de préciser le rôle de la température et de sa durée dans des phénomènes où les influences agissantes sont si nombreuses. On ne peut pas les supprimer toutes excepté une, parce que la plante en souffrirait, et cependant ce serait nécessaire pour une bonne expérience.

Que la floraison de chaque espèce demande une certaine chaleur, c'est bien évident, puisque beaucoup de plantes ne fleurissent pas dans les étés trop courts ou trop frais, en particulier quand elles se trouvent au nord de leur limite géographique naturelle. Mais comment découvrir ce qui, dans ce phénomène, tient précisément à la température et à sa durée, et ce qui résulte simplement de l'accumulation des sucs pendant que d'autres fonctions végétatives ont rendu possible une formation de bourgeons à fleur? Cette production particulière et son développement ultérieur, jusqu'à la floraison proprement dite, résultent d'un arrêt dans la production des feuilles, arrêt déterminé sans doute par la nature de l'espèce et la difficulté croissante du transport des matériaux à feuille, mais qui est aussi favorisé par la sécheresse ou par la stérilité du sol. Telle espèce annuelle se met ordinairement après, je suppose trois feuilles, à produire des bourgeons

[1] Études physiologiques sur l'effeuillement chez le mûrier. *Mémoires de l'Acad. des sciences, lettres et arts de Lyon*, 1874, vol. XXI.

floraux, mais dans une année très-humide ou dans un terrain fortement fumé, ce sera après quatre feuilles ou cinq feuilles. Une graminée des pays tempérés mise dans une serre chaude et humide s'effilera sans fleurir, en d'autres termes, les portions de tiges et les feuilles continuent à se former, au lieu de fleurs. On arrive ainsi à l'idée que la floraison accompagne une certaine température qui s'est manifestée de jour en jour, mais qu'elle n'en dépend pas directement ou du moins complétement.

La pratique des horticulteurs dans l'opération de forcer, prouve bien la complication du phénomène de la floraison. Ils sont obligés, pour réussir, de donner de la chaleur, de l'humidité, de la sécheresse ou de la lumière, tantôt dans une certaine proportion, tantôt dans une autre, sans quoi la plante marche trop vite ou trop lentement, et les fleurs qu'ils veulent avoir à une époque déterminée risquent d'être dans de mauvaises conditions de forme ou de couleur. Dans la curieuse culture de lilas de M. Laurent, observée par M. Duchartre, il fallait de l'obscurité, parce qu'on voulait obtenir des fleurs blanches, mais l'obscurité continue aurait nui et l'on était obligé de donner de temps en temps assez de lumière pour que la plante ne souffrît pas. Malgré cette cause perturbatrice, à laquelle on ne peut se soustraire, une expérience ainsi faite donnerait la mesure de la chaleur nécessaire, en intensité et durée, pour amener les bourgeons floraux de lilas jusqu'à l'épanouissement des corolles, mais il faudrait pour cela opérer sous des températures bien constatées et continues. Chez M. Laurent[1], on maintenait environ

[1] Duchartre, Examen physiologique des cultures forcées de lilas, de M. Laurent. *Mémoires de la Soc. imp. et centr. d'Hortic.*, vol. 6, à la fin de l'article.

35° C. pendant la nuit, et 18 à 20° pendant le jour, et c'était de nuit que le développement des pousses s'opérait avec une remarquable rapidité[1]. Probablement la formation des bourgeons à fleurs dépend peu ou point de la température, et, au contraire, l'évolution du bourgeon ressemble à celle d'un rameau ordinaire à feuilles, sur lequel la température exerce une action positive, concuremment avec le degré d'humidité, les sucs déjà produits dans la plante et enfin l'époque de l'évolution relativement à un repos antérieur plus ou moins complet.

L'effet de la chaleur sur la maturation n'est pas plus facile à isoler d'autres influences et à mesurer. Sous un rapport, il est même plus difficile, parce que la maturité d'un fruit ou des graines est quelque chose d'assez vague. Beaucoup de fruits se détériorent lentement, incomplétement, et des graines peuvent germer sans avoir mûri d'une manière qui paraisse, en théorie, complète.

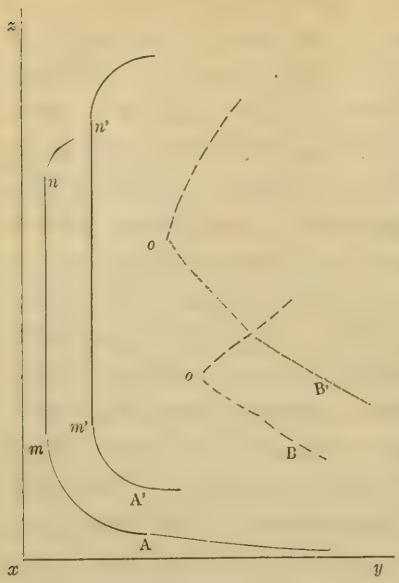
L'examen des diverses fonctions de la plante au moyen d'expériences horticoles ou de laboratoire ne donne pas, en définitive, des résultats clairs sur le mode d'action de la température. Plus on avance dans l'évolution du végétal, plus les fonctions se compliquent, soit par leur mélange, soit par l'augmentation des causes qui influent sur elles. Les premiers actes de la vie végétale, et encore mieux, les actes très-simples, comme la circulation des globules du Chara, montrent l'existence d'un minimum nécessaire de température pour chaque phénomène, en-

[1] Ceci démontre clairement que la température pendant la nuit n'est pas inutile aux végétaux, ainsi que le prétendait Kabsch, *Flora*, 1865, p. 525. M. Duchartre a observé un allongement des tiges de la vigne plus grand la nuit que le jour (*Journ. Soc. centr. d'hortic.*, 1866).

suite une action de plus en plus favorable de la chaleur à mesure qu'elle augmente, puis une diminution d'effet quand la chaleur dépasse un certain point, et finalement un arrêt sous un maximum. Les effets de la température peuvent donc être représentés, pour chaque fonction, par une courbe. Vers les deux extrémités de cette courbe, c'est-à-dire près du minimum et du maximum, les sommes de température pour une fonction déterminée sont très-dissemblables de ce qu'elles sont dans l'intervalle. *Il n'y a jamais une compensation exacte entre la température et sa durée quant aux produits obtenus,* seulement *l'erreur est moins considérable dans le parcours moyen de la courbe, c'est-à-dire sous les températures et avec les durées les plus communes dans le cours ordinaire des choses*[1]. Au surplus, d'autres circonstances obscurcissent et compliquent toujours les expériences, à ce point qu'il est difficile de tirer de l'étude séparée des fonctions une conclusion sur la marche de leur ensemble à l'égard des faits de température.

Avant de passer à d'autres considérations, je dirai, un peu plus explicitement que je ne l'ai fait, pourquoi l'expression de *point optimum* introduite par M. Schacht ne me semble pas heureuse. Lorsqu'on représente par une courbe la marche d'un phénomène quelconque de végétation, la forme de cette courbe est presque toujours, au milieu, une longue étendue qui n'est pas très-différente d'une ligne droite, et, vers les deux extrémités, des branches qui s'en éloignent plus ou moins rapidement. Une fonction commence lentement et imparfaitement, continue avec assez de régularité, et enfin se ralentit et s'arrête, ce

[1] J'étais déjà arrivé à ces conclusions en 1865, à la suite de mes expériences sur la germination.



$x\,y$, échelle du temps.
$x\,z$, id. de la température.

qui produit des courbes analogues à A, A′, non à B, B′, comme on peut le voir en construisant la courbe de la vitesse de circulation des globules de Nitella, d'après les expériences de Nægeli mentionnées ci-dessus, ou par la planche de mon mémoire sur la germination de plusieurs espèces sous différents degrés. Au lieu d'avoir un point culminant prononcé, comme O, il y a une région ou étendue notable *mn*, *m′n′*, dans laquelle on ne distingue pas de point plus important que les autres. Dans cette portion moyenne et principale des courbes, la fonction marche à peu près en raison du temps et de l'impulsion, c'est-à-dire que la méthode des sommes y est applicable d'une manière assez exacte pour des phénomènes physiologiques, dont la nature ne comporte jamais une régularité parfaite.

(La suite prochainement.)

DEUXIÈME ÉTUDE

SUR

LES SEICHES DU LAC LÉMAN

PAR LE

Dr F.-A. FOREL
Professeur à l'Académie de Lausanne

Bull. de la Soc. vaudoise des sciences naturelles, XIII, 510 sq.
(Extrait[1] par l'auteur.)

Dans la première étude sur les Seiches du lac Léman que j'ai publiée en 1873 [2], après avoir constaté que le phénomène consiste en un mouvement alternatif et répété d'élévation et d'abaissement du niveau de l'eau du lac dans le lieu de l'observation, je me suis attaché surtout à l'étude de la durée de ce mouvement d'oscillation. J'ai reconnu entre autres qu'il y avait une différence très-notable dans la durée de ces oscillations à Genève et à Morges, stations situées l'une à l'extrémité, l'autre au milieu de la longueur du lac Léman.

[1] Si dans ce résumé j'ai changé le plan et l'ordre général du mémoire primitif, c'est dans l'espoir d'arriver à présenter les faits d'une manière plus claire et plus intelligible ; si j'ai supprimé quelques faits et quelques discussions, c'est dans le but de simplifier l'étude de problèmes déjà compliqués et d'observations dont beaucoup attendent encore leur explication.

[2] *Archives*, N. P. IL, p. 65 sq. 15 Janvier 1874. *Bull. Soc. Vaud. sc. nat.* XII, p. 213 sq. 1873.

En me rattachant à la théorie de Vaucher (de Saussure), qui attribue les seiches à l'action de variations brusques et subites de la pression atmosphérique sur certaines régions limitées du lac, j'en suis venu à l'hypothèse que les seiches sont des vagues de balancement, vagues d'oscillation fixe dans lesquelles l'eau se balance d'après un mouvement de va-et-vient suivant un des diamètres du lac. Cette hypothèse répondait bien aux faits connus, mais ces faits étaient en petit nombre et les observations nécessaires à la justification de la supposition manquaient.

Ce sont quelques-unes de ces observations recueillies pendant les deux dernières années, que je veux essayer de résumer ici dans leurs résultats principaux ; je renvoie pour les détails des expériences, et pour les figures et planches, au travail original que je viens de publier dans le Bulletin de la Société vaudoise de sciences naturelles, tome XIII, p. 510 sq.

Si je remplis d'eau un bassin quelconque, une cuvette par exemple, et si j'imprime une secousse au vase, je vois l'eau prendre un mouvement de balancement qui dure pendant un certain temps. Les vagues d'oscillation fixe, que j'appelle vagues de balancement, diminuent progressivement d'amplitude, mais leur durée reste constamment la même, comme celle des oscillations du pendule, et elles ne s'éteignent complétement qu'après un temps assez long. Ces mêmes vagues de balancement peuvent être établies dans la cuvette si, au lieu d'agiter les parois

du vase, j'agite l'eau elle-même suivant une mesure déterminée.

Ce sont ces vagues de balancement que je crois exister dans les bassins plus considérables de nos lacs, et je considère nos seiches comme n'étant pas autre chose, mais dans des dimensions colossales que ce que je viens de décrire à une très-petite échelle.

Telle est l'hypothèse que je veux chercher à justifier.

Supposons mon hypothèse démontrée. Je serai alors autorisé à faire les définitions suivantes. J'appelle :

Seiche la vague d'oscillation fixe établie suivant un diamètre quelconque d'un lac [1].

Seiche longitudinale la seiche oscillant suivant le grand diamètre du lac.

Seiche transversale la seiche oscillant suivant le petit diamètre du lac.

Seiche haute et *seiche basse,* en analogie avec la marée de l'Océan, la moitié de la seiche pendant laquelle le ni-

[1] Je dois faire remarquer le changement que j'apporte ici dans la signification du mot *seiche.* Jusqu'à présent le mot seiche a été employé d'une manière très-peu précise pour désigner le phénomène en général. Quand un batelier du lac Léman dit : « il y a seiche, » cela signifie que les mouvements d'oscillation du niveau du lac sont apparents et visibles. Quand Vaucher nous parlait de « la seiche du 4 décembre 1802, » il décrivait la série de mouvements d'élévation et d'abaissement du niveau du lac qu'il observait ce jour-là. Je démontrerai plus bas que les seiches ont lieu constamment et sans interruption. Je suis ainsi forcé de changer la signification du mot et au lieu d'un sens général et indéterminé, je lui donne une signification précise : j'en fais le parallèle du mot vague. Une *vague* du lac restera donc une ondulation spéciale du mouvement d'oscillation progressive, une *seiche* sera une des ondulations, une des vagues du mouvement d'oscillation fixe.

veau de l'eau est au-dessus ou au-dessous du niveau moyen [1] au lieu de l'observation.

Seiche ascendante et *seiche descendante,* en analogie avec les vagues du vent, la moitié de la seiche pendant laquelle le niveau du lac monte ou descend.

Au point de vue de la durée, *une seiche,* ou *seiche entière* sera un mouvement complet d'oscillation fixe; la durée d'une seiche sera le temps nécessaire pour que le niveau de l'eau revienne à sa hauteur primitive après s'être élevé et abaissé successivement; une *demi-seiche* sera la moitié de ce mouvement, et la durée d'une demi-seiche sera, d'après les définitions que je viens de donner, la durée d'une seiche haute ou d'une seiche basse, ou d'une seiche ascendante, ou d'une seiche descendante.

§ I. *Du Plémyramètre, appareil servant à mesurer la durée des seiches.*

Dans mes recherches de cette année, je ne me suis occupé que de la durée des seiches et très-peu de leur amplitude. Je voulais, en effet, étudier le mouvement de dénivellation de l'eau en lui-même et en chercher les lois, vérifier si, comme je le supposais, la seiche est bien une vague de balancement, me rendre compte de la direction et des diamètres suivant lesquels elle oscille, déterminer si possible pour chaque lac et pour chaque point de la

[1] J'appelle dans ces études niveau moyen du lac, sans autre désignation, le niveau moyen au jour de l'observation, c'est-à-dire la hauteur intermédiaire et moyenne entre les maximums et les minimums d'amplitude des seiches. Le terme de niveau moyen quand il se rapporte à des seiches n'a rien à faire avec le niveau moyen général du lac, intermédiaire et moyen entre les hautes eaux de l'été et les basses eaux de l'hiver.

rive le rhythme normal des seiches. Pour tous ces points de vue la durée des seiches était seule en question.

Quand plus tard je voudrai revenir à la cause même des seiches, quand je voudrai vérifier l'hypothèse de Vaucher, qui attribue les seiches ordinaires aux variations de la pression barométrique, quand je voudrai prouver que les seiches extraordinaires qui élèvent de plusieurs pieds le niveau de l'eau sont probablement dues à des tremblements de terre, quand je chercherai à démontrer que l'action du vent peut même être la cause de certaines de ces oscillations, alors j'aurai à m'adresser à l'amplitude des seiches; j'étudierai les seiches en comparant la hauteur de leur dénivellation.

Mais pour le moment, je ne m'attaque qu'à leur durée.

Il s'agissait avant tout de construire un appareil pour mesurer la durée des seiches, suffisamment sensible pour enregistrer les plus petites seiches dont l'amplitude n'atteint souvent pas même le millimètre, un appareil capable en même temps de noter les seiches les plus fortes et les plus amples, un appareil enfin disposé de telle sorte qu'il ne se laissât pas influencer par les vagues du vent; l'appareil devait encore être assez transportable pour que je pusse facilement aller répéter mes observations sur les diverses rives de notre lac, et même sur d'autres lacs. L'appareil, que j'appelle *Plémyramètre* (de πλημυρα, marée), répond parfaitement à ces trois desiderata.

J'établis dans la grève un bassin de terre ou de métal, de telle sorte que le fond en soit à deux ou trois centimètres au-dessous du niveau moyen du lac; si le lac est agité, je protége mon bassin contre les vagues par une digue suffisante en pierres. Je mets le bassin en communication avec le lac par un siphon en tube de caoutchouc;

ce siphon une fois amorcé, il se détermine des courants d'entrée du lac dans le bassin quand le niveau du lac est plus élevé, de sortie du bassin dans le lac quand le niveau du lac est plus bas que l'eau du bassin. Le mouvement d'élévation et d'abaissement du niveau de l'eau des seiches se traduira donc par un mouvement alternatif d'entrée et de sortie de l'eau. Pour rendre visibles ces courants, j'intercale sur la longueur du siphon de caoutchouc et aussi près que possible du bassin, un tube de verre de même calibre, et dans ce tube je laisse circuler un flotteur; aux deux extrémités du tube de verre, de petites spirales en fil de laiton empêchent le flotteur d'entrer dans le tube de caoutchouc. Ce flotteur, qui est une petite sphère en cire, alourdie par un peu de sable jusqu'à la densité exacte de l'eau, indique par ses déplacements les mouvements les plus faibles des courants d'entrée ou de sortie de l'eau.

Les dimensions de l'appareil que j'ai employé avec succès soit dans le lac Léman, soit dans d'autres lacs suisses sont :

Bassin de zinc. Longueur 37 centimètres, largeur 25, profondeur 12.

Longueur totale du siphon, 3 mètres.

Longueur du tube de verre, 30 centimètres.

Calibre du siphon de caoutchouc et du tube de verre, 7 millimètres de diamètre.

Diamètre du flotteur, $6^1/_2$ millimètres.

Étudions maintenant le jeu de cet appareil et voyons s'il fonctionne à souhait.

Le tube de communication, le siphon qui réunit les deux nappes d'eau, tend à les mettre à l'état d'équilibre,

et toute dénivellation de l'une des deux nappes détermine un courant qui corrigera cette différence de niveau. Il en résulte que le niveau du bassin tend sans cesse à suivre dans ses dénivellations le niveau du lac et qu'il s'établit dans le bassin des variations de niveau dans le même sens que celles du lac; il en résulte, d'autre part, que la direction des courants, indiquée par le flotteur, nous montre laquelle des deux nappes d'eau est la plus élevée.

Mais le calibre du siphon étant fort petit par rapport à la surface du bassin, la lumière du tube étant du reste obstruée en grande partie par la sphère du flotteur, il ne peut entrer qu'une petite quantité d'eau dans le bassin quand il en faudrait beaucoup pour rétablir l'état d'équilibre. Il en résulte que le niveau de l'eau dans le bassin est relativement fixe; c'est un niveau constant par rapport au niveau variable du lac.

D'après cela, quand je vois le flotteur chassé contre l'arrêt *B*, du côté du bassin, je constate qu'il y a entrée de l'eau dans le bassin, que la seiche est haute. Quand le flotteur est du côté du lac, vers l'arrêt *L*, il y a seiche basse.

La sensibilité de l'appareil peut être augmentée à volonté. Comme c'est par le déplacement d'un flotteur, sous l'influence des courants, que se fait l'observation, plus ces courants seront énergiques, plus l'observation sera facilitée. Or, nous augmenterons à volonté l'intensité des courants en agrandissant la surface du bassin ou en diminuant le calibre du siphon. J'ai indiqué les dimensions de l'appareil qui a fonctionné très-suffisamment pour mes observations dans tous les lacs suisses où je l'ai mis en activité.

Je puis calculer la sensibilité de l'appareil de la ma-

nière suivante. Étant donnée la lumière du siphon de 7^{mm} de diamètre, la surface de section du tube est de 38,5 millimètres carrés. Un déplacement du flotteur de 1 centimètre correspond donc à l'entrée ou à la sortie de 385 millimètres cubes d'eau. Si cette quantité est répartie à la surface de mon bassin de 925 centimètres carrés, elle représente une épaisseur d'eau de 0,004 millimètres. Or, un déplacement du flotteur de 1 centimètre à droite ou à gauche, est bien facile à constater. La sensibilité de mon plémyramètre pourrait donc être estimée donner une dénivellation de 4 millièmes de millimètres, si nous ne devions pas faire entrer en ligne de compte les frottements contre les parois du siphon et l'inertie de l'eau.

Quoi qu'il en soit, l'appareil pourra être porté au degré de sensibilité que l'on voudra et nous pourrons mesurer les seiches les plus faibles et les moins amples avec un plémyramètre bien institué.

Mais, dira-t-on, si votre appareil est aussi sensible, son jeu sera nécessairement troublé par les vagues du vent; chaque vague qui élèvera le niveau de l'eau de quelques centimètres, de quelques millimètres même, se traduira par un mouvement énorme du flotteur et masquera le mouvement plus lent et plus doux des seiches.

Cet inconvénient n'a pas lieu d'une manière gênante pour l'observation, et la raison en est la suivante :

L'inertie de l'eau ralentit tellement le mouvement dans les tubes relativement minces du siphon, que l'effet de déplacement du flotteur causé par les dénivellations de l'eau en est très-notablement retardé; il en résulte que l'effet des vagues rapides du vent est presque complétement annulé, et ne commence à se faire sentir que lorsque les

vagues sont très-lentes, c'est-à-dire très-larges. Cette extinction de l'effet des vagues s'obtient en allongeant la longueur du siphon. Si je jugeais utile d'observer les seiches par un temps de très-fortes vagues, j'y arriverais en augmentant suffisamment la longueur de mon siphon. Avec l'instrument dont j'ai donné les dimensions et dont le siphon a une longueur totale de 3 mètres, tant que la vague a une largeur inférieure à 1 mètre, ce qui correspond à une durée moindre de 1,4 seconde, le déplacement du flotteur ne dépasse pas 2 à 3 centimètres à chaque vague, alors qu'il oscille librement au milieu du tube de verre. Or, ce déplacement du flotteur par l'action des vagues du vent se fait d'une manière toute particulière et ne peut être confondu avec le mouvement plus lent, plus majestueux des seiches.

§ II. *De la constance du mouvement des seiches.*

Je commençais ma première étude en disant des seiches que c'était un phénomène accidentel, et en effet il n'est que peu fréquemment observé et il a jusqu'à présent été tenu pour fortuit et même pour assez rare. Les très-grandes seiches sont notées deux ou trois fois par siècle; les fortes seiches sont observées quelques fois par année; les seiches ordinaires sont remarquées par les riverains, quelques fois par mois. Cependant, en étudiant les seiches à l'entrée du port de Morges, j'en avais constaté la fréquence en notant l'existence de courants au moins pendant 13 jours du mois de mai 1870. Vaucher s'était même plus rapproché de la vérité : « La première conséquence, » dit-il, « que je tirai de cette observation et de quelques autres qui m'offrirent des résultats du même

genre, c'est que les seiches n'étaient pas un phénomène aussi rare qu'on paraissait l'avoir cru, et qu'elles pouvaient bien au contraire être continuelles, ou du moins avoir lieu dans un grand nombre de circonstances[1]. » Ici encore, comme dans tout ce qu'il a observé, le consciencieux naturaliste genevois est presque du premier coup arrivé à la vérité.

En effet, le premier fait que nous avons à constater avec notre instrument, c'est la constance du mouvement des seiches. Toutes les fois que j'ai mis en jeu mon plémyramètre, sur tous les lacs où je l'ai essayé, partout et toujours, j'ai constaté des oscillations du niveau de l'eau que je pouvais rapporter à des seiches, et cela non pas seulement dans quelques observations isolées, mais dans toutes les circonstances.

Je dispose actuellement des séries d'observations ayant une durée :

Sur le lac	Léman, à Morges	2360	minutes[2]
»	» » Veytaux	1100	»
»	» » Évian	840	»
»	de Constance	180	»
»	de Neuchâtel	995	»
»	de Thoune	150	»
»	de Brienz	80	»
»	de Wallenstadt	70	»
»	de Morat	70	»
»	de Joux	170	»
»	de Bret	90	»

soit environ 100 heures d'observation réparties entre 76

[1] Vaucher, Mémoire sur les seiches, p. 39. *Mém. de la Soc. de Physique de Genève*, t. VI.

[2] Je ne parle ici que des observations faites au plémyramètre, et

expériences différentes. Dans toutes ces observations, j'ai constaté des mouvements alternatifs et répétés d'élévation et d'abaissement du niveau de l'eau; souvent ces mouvements étaient très-faibles, souvent ils m'auraient complétement échappé si je n'avais pas eu un appareil aussi sensible que mon plémyramètre; grâce à l'amplification énorme des mouvements que me donne cet instrument, ces oscillations étaient toujours constatables.

Mais, me demandera-t-on, si ces mouvements étaient aussi faibles (et en réalité souvent ils n'atteignaient pas un millimètre d'amplitude), comment pouvez-vous y reconnaître des seiches? comment ne faisiez-vous pas confusion avec les mouvements accidentels des vagues du vent ou des bateaux à vapeur? A cette objection je répondrai dans les paragraphes suivants quand j'étudierai le rhythme des seiches, quand je prouverai que les seiches ont un rhythme particulier et distinct pour chaque localité, mais toujours le même pour la même localité. C'est le rhythme de ce mouvement qui me faisait reconnaître avec sûreté l'existence des seiches, et en conséquence je puis formuler l'une de mes conclusions comme suit, et ce n'est pas la moins importante: « Les seiches sont un phénomène constant ou presque constant; leur absence est l'exception et non pas leur présence comme on l'a cru jusqu'à présent. »

§ III. *Seiches du Léman étudiées à Morges.*

Mon plémyramètre me permettant de prendre facilement des mesures exactes des différents temps des

non des centaines et des milliers de fois où j'ai constaté l'existence des seiches en observant les courants du port de Morges.

seiches, j'ai multiplié ces observations à Morges où je pouvais les faire à mon aise sur la grève qui borde mon jardin. Cela m'a permis d'étudier le phénomène dans ses allures intimes et de constater le rhythme des seiches.

Je dispose de 44 observations différentes faites à Morges avec mon plémyramètre représentant une durée totale de 1850 minutes, soit près de 31 heures d'observation. Je les ai toutes publiées dans un mémoire original, en les donnant sous la forme de tracés graphiques; en effet, lorsqu'elles sont données en chiffres, en minutes et secondes, elles sont fort difficiles à lire et à interpréter, tandis que sous la forme graphique, elles parlent plus rapidement et mieux à l'esprit.

L'étude des chiffres, figures et dessins des seiches observées à Morges d'octobre 1873 à février 1875 m'a conduit aux résultats suivants :

1° Sur mes 44 observations, il en est 9 assez différentes des autres pour que je les laisse de côté pour le moment; j'en étudierai plus loin la signification.

2° Les 35 observations, dont je puis désigner les résultats comme normaux, m'offrent un caractère très-évident, très-remarquable et très-facile à constater, c'est que les mouvements de l'eau ne sont point irréguliers, fortuits, tantôt plus lents, tantôt plus rapides ; leur durée est relativement régulière, et je puis dire qu'ils sont soumis à un rhythme très-reconnaissable.

3° Ce rhythme, s'il est évident au premier coup d'œil, et très-facile à reconnaître, surtout sur les tracés graphiques, ce rhythme n'en est pas moins soumis à certaines variations. J'en donnerai une idée en indiquant la durée en secondes de quelques seiches observées à Mor-

ges ; j'ai pris mes observations en ordre de date, sans les trier ni les choisir :

Date.	Seiche haute.	Seiche basse.	Date.	Seiche haute.	Seiche basse.
1873			1873		
5 octobre,	105	175	7 octobre,	—	455
	415	305		225	310
	385	395		370	400
	230	855	9 octobre,	—	255
	230	490		255	295
	295	290		525	—
6 octobre,	545	235	11 octobre,	435	380
	490	390		110	325
	585	—		—	300
7 octobre,	500	455		355	395
	115	445	12 octobre,	355	600
	205	340	18 octobre,	405	350
	235	270		455	345
	315	—	et ainsi de suite.		

Ces chiffres sont assez différents les uns des autres, et au premier abord on peut me reprocher de rechercher un rhythme dans des mouvements dont la durée est aussi variable. Quand nous comparerons à ces chiffres les valeurs trouvées dans d'autres lacs, nous verrons bien que cette idée d'un rhythme propre à chaque localité est justifiée ; mais même en étudiant simplement ces durées des demi-seiches de Morges, nous constaterons que ce rhythme dont je parle existe bien en réalité.

5° Si je réunis les observations que je possède, me donnant un total de 73 seiches hautes, et 68 seiches basses, en tout, 141 demi-seiches, je reconnais que sur ce nombre il en est

4 dont la durée est inférieure à 100 secondes,
17 » entre 100 et 200 »

46	dont la	durée est	entre	200	et 300	secondes.
39	»	»	300	»	400	»
20	»	»	400	»	500	»
7	»	»	500	»	600	»
2	»	»	600	»	700	»
1	»	»	700	»	800	»
1	»	»	800	»	900	»
0	»	»	900	»	1000	»
1	»	»	1000	»	1100	»
1	»	»	1100	»	1200	»

Ce tableau montre bien que la durée de ces demi-seiches varie entre 100 à 600 secondes et surtout entre 200 à 400; qu'elle est variable dans de certaines limites, mais en oscillant, en variant autour d'une moyenne.

Cette moyenne, pouvons-nous nous hasarder à la donner ? Il est de règle de ne chercher des valeurs moyennes qu'entre des chiffres fort semblables; quand les différences sont trop fortes, c'est qu'il existe trop d'éléments inconnus d'irrégularité, et l'on ne peut établir aucun fondement sur ces moyennes. Or, comme nous sommes ici en présence de chiffres très-dissemblables, l'erreur possible risque d'être très-forte. Mais les observations que j'ai des seiches de Morges sont en nombre suffisant pour réduire notablement l'erreur de la moyenne. Et, du reste, c'est seulement en tirant la valeur moyenne de mes observations dans différents lacs que je pourrai les comparer ensemble.

J'éliminerai les demi-seiches, dont la valeur est trop aberrante, celles qui sont inférieures à 100 secondes et supérieures à 800, et je tire la moyenne arithmétique de 132 demi-seiches observées à Morges. Cette moyenne est

de 315 secondes, avec une erreur à craindre de $\pm$ 9 secondes.

D'où je tire la valeur moyenne de la seiche entière à Morges de 630 secondes.

Ces quelques chiffres suffiront, je l'espère, à représenter les allures des seiches à Morges.

§ IV. *Étude comparée des seiches de divers lacs suisses.*

Dans le paragraphe précédent, j'ai montré par l'étude des seiches de Morges que dans cette localité les seiches ont normalement un rhythme déterminé ; que si ce rhythme varie dans des limites assez étendues, c'est cependant autour d'une moyenne qu'il varie ainsi, et que cette moyenne peut se trouver avec une assez grande sûreté au moyen de quelques observations du plémyramètre. J'en puis conclure que, probablement en transportant mon appareil dans une autre localité, sur un autre lac, je pourrai assez vite, et avec une erreur à craindre relativement peu considérable, déterminer le rhythme des seiches dans cette localité et dans ce lac.

Cette étude devait présenter un assez grand intérêt, car si mon hypothèse que les seiches sont des vagues de balancement est juste, je devais observer des différences importantes dans le rhythme des seiches des différents lacs ; en effet, ainsi que je l'ai montré dans ma première étude, en recherchant les lois de l'oscillation de balancement dans un petit bassin à expériences, la durée des vagues est fonction des dimensions du bassin, et cela de la manière suivante :

1° La durée de la vague varie avec la longueur du

bassin ; plus le bassin est long, plus la durée de la vague de balancement est grande.

2° Si la profondeur de l'eau est assez considérable relativement à la longueur du bassin (si les dimensions en profondeur dépassent la moitié des dimensions en longueur), les variations de cette profondeur n'influencent plus la durée de la vague.

2° Au-dessus d'une limite de profondeur relative (si les dimensions en profondeur n'atteignent pas la moitié des dimensions en longueur), la profondeur de l'eau influence la durée de la vague de balancement, en ce sens que, moins l'eau est profonde, plus la durée de la vague est grande.

Si donc mon hypothèse est exacte, je dois trouver des différences dans le rhythme des seiches des différents lacs ; ce rhythme doit être plus lent dans les lacs les plus longs, et, à égalité de longueur, il doit être plus lent dans les lacs les moins profonds.

Enfin, j'espérais, en étudiant les seiches de lacs à formes relativement plus simples, trouver peut-être l'explication de certains faits anormaux des seiches du Léman, faits que je décrirai plus loin, et que je dois attribuer à la forme essentiellement irrégulière de notre lac.

Engagé par toutes ces considérations, je me suis décidé à entreprendre l'étude des seiches de quelques-uns des lacs de notre pays, dont la forme suffisamment régulière me promettait de bonnes conditions de régularité dans les oscillations des seiches.

J'ai étudié dans ce but les lacs de Constance, de Neuchâtel, de Thoune, de Wallenstadt, de Brienz, de Morat, de Joux et de Bret.

Je renvoie à mon mémoire original les détails des quinze expériences que j'ai faites dans ces lacs ; je ne veux citer ici comme exemple que trois de ces observations, faites dans de bonnes conditions, et qui montreront quelle régularité l'on peut observer dans le rhythme de ces oscillations.

Lac de Constance.

Longueur totale 64,8 kilomètres.

Profondeur maximale 276^{m}.

Rapport de la profondeur à la longueur 1 : 235.

Exp. LXXII. BREGENZ. *14 sept. 1874.*

Le temps était splendide le 14 septembre, quand j'allai m'installer à 10 heures du matin sur la grève du lac de Constance, derrière la gare de Bregenz. Pendant les jours précédents, le Föhn avait soufflé dans la vallée du Rhin, et le calme plat, sous un ciel splendide qui réjouissait ce matin-là le beau lac de Constance, précédait un violent coup de bise qui allait s'élever vers les 2 heures de l'après-midi. Les conditions étaient excellentes pour avoir de belles seiches, et, dans le fait, mon plémyramètre m'indiqua bientôt de grandes et belles oscillations, sans broderies et sans oscillations secondaires. Voici la durée de 5 demi-seiches que j'observai successivement.

Seiche haute.	Seiche basse.
—	2565 secondes.
1835 secondes.	1580 —
1735 —	1270 —

Valeurs moyennes. Demi-seiche 1797 secondes.
Seiche entière 3594 —

Lac de Wallenstadt.

Longueur totale 15,5 kilomètres.

Profondeur 144 mètres.

Rapport de la profondeur à la longueur 1 : 136.

Exp. LXXXI. WEESEN. *18 sept. 1874.*

Au bord du lac, devant l'hôtel du Schwert, à l'extrémité occidentale du lac.

Le Föhn souffle très-violemment depuis hier, par rafales entremêlées d'une pluie violente. Le vent se dirigeant dans la vallée de O. en E., les vagues sont nulles dans la station où j'observe. Seiches très-évidentes, très-régulières et très-fortes.

Seiche haute.	Seiche basse.
405 secondes.	365 secondes.
535 »	455 »
355 »	425 »
415 »	540 »
400 »	460 »

Ce mouvement est très-évidemment rhythmique, et je puis facilement en tirer les moyennes de durée de

la demi-seiche	435 secondes
la seiche entière	871 ».

Lac de Brienz.

Longueur totale 13,7 kilomètres.

Profondeur maximale 261 mètres.

Rapport de la profondeur à la longueur 1 : 53.

Exp. LXXXII. BÖNIGEN, *23 sept. 1874.*

Près de la station du chemin de fer, à l'embouchure de la Lütschine, de 7 h. 30 à 8 h. 50 du matin.

Temps splendide, calme plat. Seiches très-nettes, très-distinctes et très-régulières.

Seiche haute.	Seiche basse.
245 secondes.	280 secondes.
310 »	305 »
320 »	295 »
225 »	405 »
170 »	355 »

C'est le mouvement, avec celui que nous venons de voir dans l'observation précédente sur le lac de Wallenstadt, le plus régulier et le plus rhythmique que j'aie constaté dans les divers lacs de Suisse; l'on y voit le rhythme des seiches dans toute son élégance, oscillant avec une régularité des plus remarquables, régularité qui est sans doute due à la régularité même de ces deux lacs.

Les moyennes que je tire de ces observations sont :

demi-seiche	294 secondes.
seiche entière	588 »

Je puis encore citer comme très-bonnes mes observations sur le lac de Neuchâtel dont j'aurai plus loin à citer quelques exemples.

Je réunis dans le tableau suivant les résultats de ces diverses observations. Je les classe en série, suivant la longueur des lacs. J'indique le rapport de la profondeur à la longueur, le nombre des demi-seiches observées, la valeur moyenne de ces demi-seiches; puis l'erreur moyenne ou erreur à craindre sur cette moyenne, calculée suivant la formule $E = \sqrt{\frac{\Sigma o}{n(n-1)}}$, cette colonne indique le plus ou moins d'exactitude relative des résultats de ces

observations; enfin la durée de la seiche entière obtenue en multipliant par deux la valeur moyenne des demi-seiches.

LACS	LONGUEUR	PROFONDEUR	Rapport de la profondeur à la longueur.	Nombre de demi-seiches observées.	Durée moyenne de la demi-seiche.	Erreur moyenne.	Durée moyenne de la seiche entière.
	Kilomètr.	Mètres.			Secondes.	Secondes.	Secondes.
de Bret.....	1.1	14	1:78	36	32	—	64
de Joux.....	9.0	25	1:360	24	372	±31	744
de Morat.....	9.2	48	1:192	17	286	±33	572
de Brienz....	13.7	261	1:53	16	294	±16	588
de Wallenstadt	15.5	114	1:136	10	435	±20	871
de Thoune...	17.5	217	1:81	15	—	—	1116?
de Neuchâtel.	38.2	135	1:283	14	1420	±75	2840
de Constance.	64.8	276	1:235	5	1797	±214	3594

En instituant toutes les expériences qui sont résumées dans ce tableau, j'ai eu toujours soin d'aller m'établir aussi près que possible de l'extrémité du grand axe ou du grand diamètre du lac, de telle manière que j'eusse, avec autant de sûreté que faire se pouvait, les seiches longitudinales du lac. Je puis donc considérer les valeurs que j'ai comme représentant la durée de la seiche longitudinale.

Ceci expliqué, le tableau nous montre un rapport très-évident entre la longueur du lac et la durée des seiches; les deux séries se suivent dans la même direction. C'est le fait que j'avais énoncé dans ma première étude, lorsque je cherchais les lois de l'oscillation du balancement, et que j'avais formulé dans ces termes : « La durée de la vague augmente avec la longueur du bassin. » Je puis aujour-

d'hui l'exprimer ainsi : « La durée des seiches longitudinales est fonction de la longueur des différents lacs; cette durée augmente avec la longueur du lac. »

En étudiant les lois de l'oscillation de balancement, j'avais constaté l'influence de la profondeur de l'eau sur la durée de la vague. Quand l'eau du bassin est très-profonde par rapport à sa longueur, la vague de balancement n'est pas sensiblement influencée dans sa durée par la plus ou moins grande profondeur de l'eau; mais si l'eau devient peu profonde, alors la vague de balancement se ralentit et cela dans des proportions très-fortes. Je rappellerai les chiffres que j'ai trouvés dans mon bassin de $1^m,30$ de longueur.

Profondeur de l'eau.	Rapport de la profondeur à la longueur du bassin.	Durée de la vague.
Centimètres.		Secondes.
35	1 : 3	1.60
30	1 : 4	1.67
25	1 : 5	1.80
20	1 : 6	1.95
15	1 : 8	2.20
10	1 : 13	2.56
5	1 : 26	3.65

Quand la profondeur est peu considérable, le mouvement de l'eau est fort ralenti.

Or, si le ralentissement dû au peu de profondeur de l'eau est déjà sensible dans mon bassin lorsque la profondeur est à la longueur dans les rapports de 1 est à 5, 6, 8, 13 et 26, que sera-ce lorsque cette proportion deviendra plus faible, quand dans le lac de Brienz elle s'abaissera à 1 : 53, dans les lacs de Thoune et de Wallenstadt

1 : 81 et 136, et surtout dans les lacs de Morat, de Neuchâtel et de Joux 1 : 192, 283 et 360.

Comme en définitive la profondeur des lacs est dans un rapport toujours très-faible vis-à-vis de leurs dimensions horizontales, nous aurons donc toujours à faire intervenir l'influence du peu de profondeur de l'eau, et nous pourrons formuler ainsi la loi de la durée des seiches longitudinales des lacs :

« La durée des seiches longitudinales est fonction de la longueur et de la profondeur des différents lacs ; elle augmente avec leur longueur et diminue avec leur profondeur relative. »

Enfin, ce tableau, en nous montrant l'importance de la longueur du bassin d'une part et du peu de profondeur de l'eau d'une autre part sur la durée des seiches, tend à confirmer l'hypothèse que les seiches sont bien des vagues de balancement des lacs.

§ V. *Étude simultanée des seiches aux deux extrémités du lac de Neuchâtel.*

Si nous plaçons deux observateurs aux deux extrémités de l'un des diamètres d'un lac, et s'ils peuvent constater que l'eau s'élève d'un côté pendant qu'elle s'abaisse à l'autre bout, nous aurons une démonstration décisive, me semble-il, de la vérité de l'hypothèse qui fait des seiches les vagues d'oscillation fixe ou les vagues de balancement des lacs.

C'est cette démonstration que nous avons tentée dans les conditions suivantes :

J'ai choisi le plus grand des lacs à forme régulière, celui qui m'avait donné les mouvements de seiche les plus

rhythmiques, le lac de Neuchâtel, et j'en ai étudié les seiches longitudinales.

EXP. LXXVI (*bis*). YVERDON ET LA TÈNE, *14 oct. 1874.*

Mon ami, M. G. Rey, instituteur au collége de Morges, est allé s'établir à l'extrémité sud du lac de Neuchâtel, à Yverdon, à droite de l'embouchure de la Thièle.

Moi-même je suis allé m'installer à l'extrémité nord du même lac, à côté du célèbre palafitte de la Tène, à quelques centaines de mètres de la sortie de la Thièle, émissaire du lac.

Nous étions munis l'un et l'autre d'un plémyramètre en bon état, et nos montres à secondes étaient soigneusement réglées.

Les observations ont marché simultanément de 11 heures à midi.

Calme plat. Brouillard intense sur le lac. Seiches très-nettes et très-marquées.

Voici les deux séries d'observations. J'indique, en les faisant précéder des lettres *B* et *L*, l'heure où le flotteur, décollé par le courant de la seiche, après avoir traversé toute la longueur du tube, venait se coller à l'arrêt du bassin (*B*) et du lac (*L*). La lettre *B* indique ainsi le commencement de la seiche haute, la lettre *L* de la seiche basse.

Station de la Tène.				Station d'Yverdon.			
L	11h	04′	10″	*B*	11h	03′	40″
B	11	25	50	*L*	11	28	35
L	11	52	20	*B*	11	51	00

EXP. LXXVII (*bis*). YVERDON et PRÉFARGIER. *14 oct. 1874.*

Dans l'après-midi du même jour, la même expérience fut reprise. M. Rey observait à la même station que le

matin. Quant à moi, après avoir reconnu que les seiches magnifiques que j'avais vues le matin à la Tène devaient être sensibles bien loin de l'extrémité même du lac, je m'établis dans le petit port de Préfargier.

Station de Préfargier.				Station d'Yverdon.			
L	2^h	20′	00″	*B*	2^h	25′	10″
B	2	38	30	*L*	2	37	15
L	3	02	15	*B*	2	48	55
B	3	26	15	*L*	3	26	20
L	3	53	30	*B*	3	50	20

Ces deux expériences ont parfaitement bien réussi et me semblent très-probantes. Sur huit mouvements différents, sept donnent une alternance directe et une simultanéité presque absolue dans les mouvements; les différences de deux à quatre minutes pourraient parfaitement s'expliquer par le jeu différent des plémyramètres, si l'on ne voulait pas donner cette latitude au mouvement lui-même des seiches. Une seule lecture, celle de 2^h 48′ 55″ d'Yverdon et de 3^h 02′ 15″ de Préfargier, ne montre pas cette simultanéité, le mouvement d'Yverdon précédant de plus de treize minutes celui de Préfargier. Mais, d'une part, la paresse d'un plémyramètre, dont le flotteur peut être arrêté par un grain de sable, d'une autre part, les réflexions d'onde, les seiches transversales expliquent si facilement cette irrégularité, que, tout en la constatant, nous ne nous laisserons pas arrêter par elle, et nous conclurons :

Dans les seiches longitudinales du lac de Neuchâtel, le 14 octobre 1874, il y avait alternance et simultanéité des mouvements de l'eau aux deux extrémités du lac.

§ VI. *Seiches du lac Léman, Seiches transversales.*

Nous venons de voir qu'en comparant au point de vue de leur durée, les seiches longitudinales de différents lacs, nous pouvions avec assez de sûreté trouver des rapports entre cette durée et les dimensions en longueur et en profondeur des bassins. Nous en avons conclu que ces seiches étaient des vagues de balancement établies suivant la longueur du lac. Nous avons vérifié cette hypothèse sur le lac de Neuchâtel, en reconnaissant que, conformément à la théorie, le niveau de l'eau s'élève et s'abaisse simultanément et alternativement aux deux extrémités du lac.

Revenons à notre lac Léman, nous y trouverons des conditions un peu plus compliquées.

Mais d'abord établissons la distinction entre les seiches longitudinales et les seiches transversales.

Si j'agite dans différentes directions un bassin rectangulaire plein d'eau (mon aquarium me sert pour ces expériences), je puis obtenir deux vagues de balancement différentes, différentes pour la direction et pour le rhythme, mais toujours semblables chacune dans son espèce, dans les mêmes conditions de profondeur d'eau et dans le même bassin. L'une de ces vagues oscille parallèlement au grand axe du bassin, l'autre parallèlement à son petit axe. C'est ce que j'appelle les vagues de balancement longitudinales et transversales.

Quel que soit le mouvement que j'imprime à mon bassin, même si je le fais balancer suivant sa diagonale, je ne puis pas obtenir d'autre vague de balancement que dans ces deux directions, je ne puis pas obtenir de vagues de balancement obliques.

Lorsque dans mon bassin j'ai établi des vagues de balancement longitudinales, si j'imprime avec prudence et modération quelques secousses dans le sens transversal, je puis arriver à produire la superposition des deux ordres de vagues, à faire osciller l'eau à la fois dans le sens longitudinal et dans le sens transversal.

Ces mêmes faits, je puis les reproduire, alors même que le bassin n'est pas rectangulaire, mais ovalaire ; l'eau oscille toujours, suivant les deux axes principaux du bassin.

Transportons maintenant ces notions aux vagues de balancement de nos lacs. Si ces vagues de balancement ont lieu, nous devons retrouver sur les lacs :

1° Des seiches longitudinales oscillant suivant le grand axe des lacs.

2° Des seiches transversales oscillant suivant le petit axe.

3° Ces mouvements doivent pouvoir coexister et se superposer.

Pourquoi rechercher dans nos lacs des seiches transversales à côté des seiches longitudinales? quel est le motif qui m'engage à introduire cette complication dans la discussion des faits? La raison en est la suivante :

Si les seiches sont bien les vagues de balancement des lacs, elles doivent répondre à la loi fondamentale de l'oscillation fixe, c'est que toute la masse de l'eau oscille simultanément, dans le même temps et avec le même rhythme ; une vague de balancement établie suivant le grand diamètre d'un lac doit donner des seiches de même durée et oscillant simultanément dans toutes les parties du lac. L'amplitude verticale peut être différente ; elle est

à son maximum aux deux extrémités du lac; elle est nulle au milieu de la longueur, mais la durée est partout la même.

Or, en recherchant la durée des seiches du Léman, déjà dans ma première étude, j'avais constaté une différence telle dans le rhythme des seiches à Genève et à Morges, qu'il m'était impossible d'attribuer ces diverses vagues à la même oscillation ; la seiche à Genève a une durée triple de celle de Morges. C'étaient donc des oscillations d'ordres différents, et le plus simple était d'admettre que ces seiches ou vagues de balancement oscillaient suivant des diamètres différents. J'ai donc supposé que dans le lac Léman nous avions affaire à des seiches longitudinales et à des seiches transversales.

Nous allons chercher à reconnaître ces deux ordres d'oscillation, mais, avant tout, nous devons étudier quelles sont les seiches que l'on peut y observer. Nous les connaissons :

1° *A Genève.* Je n'ai au point de vue de la durée que les observations de Jallabert et celles de Vaucher. Jallabert établissait la durée à 900 secondes pour les seiches de 20 centimètres d'amplitude, et à 1500 secondes pour celles de 30 centimètres. Mais tandis que cette différence de durée pour les seiches d'amplitudes différentes est très-loin d'être démontrée, ces observations manquent d'une manière générale du degré de précision nécessaire.

J'ai résumé dans ma première étude les observations de Vaucher, et j'en ai tiré une valeur moyenne de 1590 secondes pour la durée des seiches de Genève. Mais ces observations ont été faites dans de tout autres intentions que celles qui nous guident actuellement; Vaucher ne

s'est jamais inquiété de la durée de ses seiches. Ces observations sont trop peu nombreuses et sont complétement insuffisantes au point de vue de la précision; elles demandent à être reprises avec soin et attention.

2° *A Veytaux.* Au mois de septembre 1873, j'ai pendant 8 jours étudié les seiches à Veytaux, à l'extrémité orientale du lac, à l'aide de mon plémyramètre. Les mouvements que j'ai constatés étaient assez irréguliers; la moyenne générale que j'en ai tirée était de 1783 secondes pour la seiche entière, ce qui se rapprocherait assez pour la durée avec ce que nous venons de voir à Genève.

Il m'était cependant resté quelques doutes sur la valeur de ces observations de Veytaux, faites à une époque où je ne connaissais pas encore bien le maniement de mon plémyramètre; j'ai répété dernièrement cette expérience à Chillon, près de Veytaux, et je l'ai poursuivie pendant 7 heures de suite, pour bien étudier les allures des seiches dans cette localité. Voici les chiffres de cette belle observation qui confirme mes expériences de Veytaux et montre bien, au milieu de seiches relativement plus longues, apparaître de temps en temps et sans raison évidente des seiches plus courtes. Mais ces seiches, ou plutôt ces demi-seiches sont entremêlées d'une façon si irrégulière, qu'il m'est impossible d'en comprendre la signification.

EXP. XCII. CHILLON. *6 juillet 1873.*

Seiche haute.	Seiche basse.
—	1210 secondes.
540 secondes.	1410 »
1150 »	980 »

Seiche basse.	Seiche haute.
680 secondes.	1480 secondes.
1140 »	690 »
900 »	1510 »
1080 »	1290 »
540 »	1160 »
1150 »	620 »
1180 »	1200 »
1190 »	600 »
1480 »	

3° *A Évian.* A l'occasion d'une étude dont je parlerai plus loin, j'ai, à six reprises différentes, suivi avec mon plémyramètre le jeu des seiches à Évian, localité située vis-à-vis de Morges, et, comme cette ville, à moitié distance à peu près des deux extrémités du lac. Ces six expériences m'ont fourni une durée d'observation de 14 heures de temps. Sans entrer dans le détail des lectures, voici ce que j'y ai constaté :

A. Le plémyramètre indique très-fréquemment l'existence de seiches relativement courtes, et dont la durée se rapproche évidemment des seiches de 630 secondes de Morges.

B. En même temps aussi, le plus souvent même, j'ai remarqué l'existence de mouvements d'oscillation beaucoup plus lents, d'un rhythme beaucoup plus prolongé, dont la durée moyenne a été évaluée par moi à 4534 secondes pour la seiche entière (calculée d'après 13 demi-seiches).

C. Ces deux mouvements brodaient l'un sur l'autre ; de même que les rides du vent découpent les faces plus longues des grandes vagues, de même dans les vagues

d'oscillation fixe des seiches d'Évian, les petites seiches de 630 secondes élevaient et abaissaient le niveau de l'eau au-dessus et au-dessous du niveau général, beaucoup plus lentement variable, des grandes seiches de 4534 secondes ; un appareil enregistreur aurait montré sur le graphique de longues ondulations présentant elles-mêmes de petites dentelures à raison de 6 ou 7 petites dents pour chaque grande vague.

4° *A Morges.* J'ai déjà plus haut indiqué quel est le rhythme normal des seiches de Morges, et l'ai établi à environ 630 secondes, ainsi que les courtes seiches que nous venons de voir à Évian. Mais à côté de 35 observations qui m'ont montré ces seiches normales, j'en ai signalé 9 qui me présentaient des seiches anomales, à type différent. Ces seiches anomales ont un mouvement beaucoup plus lent, beaucoup plus prolongé ; elles se rapprochent évidemment des longues seiches que j'ai observées à Évian, et présentent à peu près la même durée ; elles m'ont servi à établir cette durée moyenne de 4534 secondes dont je viens de parler.

En résumé, nous connaissons actuellement sur le lac Léman des seiches fort diverses et à types fort différents, à savoir, entre autres :

1° A Genève et à Veytaux des seiches de durée de 1600 secondes environ, soit 27 minutes.

2° A Morges et à Évian des seiches très-courtes dont la durée moyenne est de 630 secondes, soit 10 ½ minutes.

3° A Morges et à Évian des seiches très-longues dont la durée est évaluée à 4534 secondes, soit 75 minutes.

Essayons de distinguer si possible quelque chose dans ces diverses ondulations.

J'éliminerai d'abord de la discussion le premier et le troisième groupe, les seiches de Genève, celles de Veytaux, et dans les seiches de Morges et d'Évian les longues seiches de 4534 secondes. D'après la situation des localités d'observation, les seiches de 25 minutes que j'ai vues à Veytaux et à Chillon, et celles que différents naturalistes ont constatées à Genève sont évidemment des seiches longitudinales ; d'après leur durée, les seiches de 4534 secondes que j'ai observées à Évian et à Morges sont aussi probablement des seiches longitudinales. Mais pourquoi ces deux ordres de seiches à durée différente ; pourquoi ces différences de durée dans les différentes stations, c'est ce que je ne puis expliquer ; d'une autre part, peut-on même comprendre l'existence d'un mouvement d'oscillation fixe ayant lieu suivant l'axe longitudinal d'un lac courbe comme l'est le lac Léman ; l'essence du mouvement d'oscillation fixe n'est-elle pas de se faire suivant des plans verticaux et en suivant des lignes droites ; peut-on admettre que de même que l'eau oscille d'Yverdon à Préfargier dans le lac de Neuchâtel dont la forme est régulière et droite, peut-on admettre que de même aussi dans le lac Léman, en forme de croissant, l'eau oscille entre Genève et Chillon aux deux extrémités des cornes du croissant ? Nous n'avons pas encore assez d'observations de seiches faites sur les différentes rives du lac, nous connaissons encore trop peu le jeu des seiches du lac Léman pour essayer même de discuter ces questions. Dans mon mémoire original, j'ai hasardé quelques hypothèses sur ces points, mais ces suppositions sont encore trop loin d'être démontrées pour que j'en rappelle

ici l'énoncé; je me contenterai de dire que ces longues seiches de 25 et de 75 minutes de durée doivent les unes et les autres être considérées comme étant des seiches longitudinales du lac Léman.

Quant aux seiches de Morges de 630 secondes de durée, je puis être plus positif et démontrer que ce sont des seiches transversales, c'est-à-dire des vagues d'oscillation fixe, balançant suivant le diamètre transversal d'un côté à l'autre du lac de la rive suisse à la rive savoyarde et vice versâ. Je me fonde sur les faits suivants :

(*a* Les mêmes seiches à rhythme rapide se retrouvent normalement à Morges et à Évian, sur les deux rives opposées du lac; quand dans ces deux localités il existe des seiches à type plus allongé que j'ai appelées seiches longitudinales, les seiches courtes de 630 secondes brodent sur le mouvement plus prolongé des seiches longitudinales.

(*b* Si je compare la durée de ce mouvement avec celui des seiches longitudinales des divers lacs suisses où j'ai étudié les seiches, je constate que sa durée de 630 secondes est intermédiaire à celle des seiches du lac de Brienz (588 secondes), et du lac de Wallenstadt (871 secondes). Ayant reconnu les rapports qui existent entre la durée des seiches et la longueur du bassin dans lequel elles oscillent, j'en conclus que la longueur du mouvement d'oscillation des seiches de Morges doit être intermédiaire aux longueurs du lac de Brienz (13,7 kilomètres), et du lac de Wallenstadt (15,5 kilomètres). Or la largeur du lac Léman d'Évian à Morges étant de 13,8 kilomètres, je puis en conclure avec assez de probabilité que le mouvement des seiches durant 630 secondes, oscille entre les deux rives savoyarde et suisse de notre lac.

c) J'ai essayé avec l'aide de M. Rey de répéter l'expérience qui nous avait si bien réussi sur le lac de Neuchâtel; pendant que M. Rey suivait le jeu d'un plémyramètre à Morges, sur la rive droite du lac, j'en observais un autre à Évian sur la rive gauche. Quoique nous ayons renouvelé à 6 reprises différentes cette tentative, les résultats n'en ont pas été aussi démonstratifs que ceux que nous avons obtenus entre Yverdon et Préfargier. Tantôt l'un ou l'autre des observateurs était gêné par un orage, tantôt dans l'une des stations le plémyramètre ne dessinait que des seiches longitudinales; une fois seulement nous avons eu à la fois dans les deux stations des seiches du type rapide de 630 secondes. Dans cette expérience nous avons parfaitement constaté la simultanéité et l'opposition des mouvements qu'exige la théorie; nous avons pendant une heure et demie de suite, et à chacune des seiches, reconnu que pendant que l'eau s'élevait à Évian, elle s'abaissait à Morges et vice versâ; le résultat négatif des autres expériences, s'expliquant du reste d'une manière suffisante, je puis me fonder sur cette seule expérience à résultats positifs pour affirmer que les petites seiches de 630 secondes sont bien des vagues de balancement, oscillant d'un côté à l'autre du lac.

d) Enfin, ma dernière preuve est d'une valeur plus générale. Si mon hypothèse est exacte, les seiches transversales doivent exister sur tous les lacs; je dois donc pouvoir les constater partout en me plaçant dans des conditions favorables. J'ai été m'établir le 8 juillet 1875 à St-Aubin, sur la rive gauche du lac de Neuchâtel, vis-à-vis d'Estavayer; la largeur du lac est dans cette localité de 6,5 kilomètres, la profondeur de 136 mètres, le rap-

port de la profondeur à la largeur 1:48. Après un assez violent orage qui avait frappé les hauteurs du Jura, j'ai constaté de jolies seiches de 264 secondes de durée qui brodaient le dessin de longues seiches du type des seiches longitudinales décrites plus haut. Nous reconnaîtrons facilement dans ces petites seiches rapides les seiches transversales du lac de Neuchâtel, et nous nous convaincrons de la justesse de cette détermination en comparant la durée de ces seiches avec la largeur et la profondeur relatives du lac.

L'existence de seiches transversales dans le lac de Neuchâtel peut donc servir de preuve à l'appui de l'existence des seiches transversales du lac Léman.

C'est en me fondant sur ces considérations que je conclus que les seiches de Morges et d'Évian, du rhythme de 630 secondes, sont bien les seiches transversales du lac Léman.

En comparant la durée des seiches transversales du Léman et de celles du lac de Neuchâtel, telles que nous venons de les indiquer, avec les dimensions en largeur de ces lacs d'une part, avec le tableau des durées des seiches longitudinales de divers lacs d'une autre part, je crois reconnaître que la même loi doit exprimer la durée de toutes ces seiches en fonction des dimensions horizontales et verticales des lacs, et en attendant qu'une formule plus précise ait été établie, je conclus :

« La durée des seiches est fonction de la longueur et de la profondeur de la section de lac suivant laquelle elles oscillent. Cette durée augmente avec la longueur et diminue avec la profondeur relative. »

§ VI. *Comparaisons et conclusions.*

Essayons de résumer en quelques conclusions les faits principaux que nous ont révélés nos recherches.

I. Les seiches sont un mouvement d'oscillation rhythmique de l'eau ; le rhythme varie dans des limites assez étendues, mais toujours autour d'une même moyenne dans la même station.

II. La durée des seiches n'est pas la même dans les différents lacs.

III. La durée des seiches peut être différente dans deux stations différentes du même lac (Morges et Évian d'une part, Veytaux d'une autre part, sur le lac Léman ; Yverdon et St-Aubin sur le lac de Neuchâtel).

IV. Je suppose que les seiches sont des vagues d'oscillation fixe (vagues de balancement), qui oscillent suivant les deux diamètres principaux des lacs.

Je distingue les seiches longitudinales et les seiches transversales d'après le diamètre suivant lequel elles oscillent.

V. Ces deux ordres de seiches peuvent coïncider sur le même lac et se superposer en brodant l'une sur l'autre dans certaines stations.

VI. La durée des seiches longitudinales est d'autant plus grande que le lac est plus long.

Cette durée est probablement influencée par la profondeur du lac, de telle sorte que, pour des lacs de même longueur, les seiches sont plus lentes dans le lac le moins profond.

La durée des seiches transversales est probablement soumise aux mêmes lois.

C'est ce que je résume dans la formule suivante :

La durée des seiches est fonction de la longueur et de la profondeur de la section du lac suivant laquelle elles oscillent. Cette durée augmente avec la longueur et diminue avec la profondeur relative du lac.

VII. En étudiant les seiches longitudinales du lac de Neuchâtel simultanément aux deux extrémités du lac, nous avons constaté simultanéité et alternance dans les mouvements. Le niveau de l'eau s'abaissait dans l'une des stations pendant qu'il montait dans l'autre et vice versâ.

Nous avons reconnu le même fait pour les seiches transversales du lac Léman entre Morges et Évian.

VIII. Il est un résultat général qui ressort de toutes ces recherches: c'est la constance des seiches. Partout où j'ai mis en jeu mon plémyramètre et toujours, j'ai vu l'eau animée de ce mouvement rhythmique d'élévation et d'abaissement. Sans nier la possibilité de l'état de repos, je change donc l'ancienne formule qui faisait des seiches un phénomène accidentel, en une définition qui les considère comme un phénomène naturel, constant et continu, dont la cessation ou l'absence serait le cas accidentel ou anomal. Ces seiches qui oscillent toujours sont parfois bien faibles, leur amplitude atteint souvent quelques millimètres à peine, n'atteint pas même un millimètre dans certaines circonstances; mais quelque faibles qu'elles soient, elles présentent toujours leur rhythme normal.

IX. Ma dernière conclusion enfin sera que les seiches ne sont pas un phénomène local, mais un mouvement

considérable et très-étendu. Quand je vois l'eau s'élever et s'abaisser sur la grève de mon jardin, je ne suis pas en présence d'une simple vague qui agite l'eau dans le golfe de Morges, mais j'observe une des manifestations d'un phénomène bien autrement grandiose. C'est toute l'eau du lac qui oscille dans un même mouvement général de balancement, c'est une impulsion gigantesque qui dans le même instant fait mouvoir toute la masse liquide du Léman, dans toute sa longueur, dans toute sa largeur, dans toute sa profondeur. Et si je considère la grandeur des lacs où j'ai constaté ce mouvement, les lacs de Neuchâtel, de Constance, le lac Léman, si j'admets comme probable qu'on le constatera de même, quand on voudra l'observer, dans des bassins d'eau encore bien plus étendus, je dois reconnaître dans le phénomène des seiches le mouvement oscillatoire le plus considérable et le plus grandiose peut-être que l'homme puisse étudier à la surface de notre globe.

Je terminerai en indiquant les points dont l'étude me semble importante pour l'avancement de l'histoire et de la théorie des seiches.

1° Déterminer pour un nombre aussi grand que possible de localités diverses sur des lacs différents le rhythme normal des seiches.

2° Déterminer avec autant de précision que possible la durée des seiches dont les conditions de longueur et de

profondeur peuvent être connues, en particulier les seiches longitudinales des lacs.

3° Déterminer la formule de la durée des seiches en fonction de la longueur du lac et de la profondeur de l'eau.

4° Répéter l'observation simultanée des seiches transversales sur les deux rives d'un même lac.

FORMES

DU

PHYLLOXERA VASTATRIX

A PREGNY

DURANT LA PREMIÈRE MOITIÉ DE L'ÉTÉ

PAR

M. le Dr V. FATIO

NOTICE PRÉSENTÉE A LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE, DANS LA SÉANCE DU 5 AOUT 1875

Malgré l'immense extension de la maladie des vignes résultant de la présence du *Phylloxera vastatrix*[1] sur les racines et, bien qu'un grand nombre de mémoires aient été, dans ces dernières années, publiés tant sur ce parasite lui-même que sur les moyens de le combattre, on est forcé, cependant, de reconnaître que l'on est loin encore de posséder, sur le développement et les mœurs de cet insecte, des données assez précises pour guider sûrement dans la recherche des moyens préventifs ou curatifs à employer.

L'étude d'une espèce aussi polymorphe n'est, il est vrai, pas une petite affaire et ce n'est que par beaucoup

[1] Le *Phylloxera* est un insecte Hémiptère, Aphidien, de la famille des Phytophtires. M. Planchon a formé, avec plus ou moins de raison, le nom de *Phylloxera* des mots grecs φύλλον la feuille et ξηραίνω je dessèche.

d'observations, récoltées en divers lieux et dans différentes conditions, que l'on arrivera peu à peu à établir, dans le cycle des métamorphoses de ce terrible ennemi, la place de chacune des formes, son développement, ses allures, sa durée et, par là, son importance [1].

Persuadé que chaque pierre, si petite soit-elle, ajoutée à l'édifice de cette histoire, ne peut manquer de présenter quelque intérêt, je ne veux pas passer sous silence quelques observations que j'ai faites, en partie avec le concours de M. Émile Ador, et qui, grâce à leur actualité et à la localité où elles ont été faites, ne sont pas dépourvues d'une certaine utilité.

Je n'ai pas l'intention de rappeler ici tous les travaux qui ont été publiés sur le *Phylloxera* de la vigne, pas plus que de décrire tous les états divers sous lesquels l'insecte a été jusqu'ici signalé. Je désire simplement expliquer en

[1] Il y a, dans l'année phylloxérique, trois époques bien distinctes : 1° l'époque de sommeil ou hivernale, pour nous à peu près de novembre à mars ; 2° le temps de la multiplication et de l'extension exclusivement terrestre, pour nous d'avril à juillet ; enfin, 3° l'époque de la colonisation aérienne (la multiplication souterraine continuant, du reste, mais souvent alors en bonne partie pour la formation d'individus ailés) où l'insecte ailé va, poussé plus ou moins par les vents, porter le mal dans de nouveaux vignobles. C'est dans cette dernière saison, la plus courte, soit comprenant d'août à octobre, que les formes sont les plus variées, sous terre et au-dessus du sol. Le *Phylloxera* n'ayant été malheureusement reconnu dans le canton de Genève que depuis l'automne 1874, bien qu'il y soit évidemment établi depuis plus de trois ans, cette époque n'a pu être jusqu'ici convenablement étudiée chez nous. L'on rencontrerait alors, suivant quelques auteurs, d'abord l'*Hémiptère* parfait, avec des ailes à peu près une fois et demie aussi grandes que son corps, soit mesurant environ 1 ½ millimètre, puis des individus sexués, mâles et femelles, dépourvus de suçoir et produits de la ponte de celui-ci, puis encore des nymphes, des pondeuses parthénogéniques, des jeunes et des œufs de diverses provenances.

quelques mots les figures que j'ai dessinées d'après nature sur deux formes propres à la belle saison et collectées cet été dans les environs de Pregny. Mon but étant, pour le moment, d'indiquer seulement les aspects sous lesquels le *Phylloxera* se présente, chez nous, depuis le printemps, durant la première moitié de l'été et sous le sol, j'ai jugé inutile de décrire et de reproduire maintenant les formes tant aptères et ailées que parthénogéniques et sexuées, que plusieurs auteurs ont déjà suffisamment représentées, et j'ai préféré figurer ici des aspects moins généralement connus : le dernier degré de développement de la larve pondant sans accouplement, soit de la forme parthénogénique, et le premier état de transformation du parasite passant de l'état de larve aptère à celui d'insecte ailé, soit de la nymphe [1].

[1] Je renvoie à l'article que j'ai publié, le 21 juillet 1875, sous le titre de *Phylloxera vastatrix*, dans le *Journal de Genève*, pour expliquer les caractères extérieurs et souterrains de la maladie. On trouvera également des détails sur l'introduction et l'extension du *Philloxera* dans l'ouest de notre pays, dans la notice publiée, ce printemps (1875), par le professeur Forel, sous le titre : *Le Phylloxera vastatrix dans la Suisse occidentale*. Le rapport de la *Commission chargée d'indiquer les mesures à prendre contre le Phylloxera dans les vignes de Pregny* (*1874*), et celui de M. Risler sur *L'arrachage et le traitement des vignes phylloxérées de Pregny* (*1875*), montreront, à leur tour, les directions proposées à notre département de l'intérieur et les moyens mis en usage pour la destruction du parasite en arrière-automne et durant l'hiver 1874-75. Le récent article du professeur Forel, reproduit de la *Gazette de Lausanne* par le *Journal de Genève*, le 12 août 1875, sous le titre : *Le Phylloxera à Pregny*, indiquera encore, d'une manière succincte, les perquisitions qui ont été faites cette année, depuis le commencement de la belle saison, et les nouvelles opérations défensives qui sont maintenant activement poussées, dans la commune de Pregny, par les délégués de l'État, M. Isaac Demole et moi. Enfin, le rapport des sus-dits délégués fera bientôt connaître la marche exacte et les procédés suivis dans l'œuvre de la destruction des vignes,

On sait déjà qu'avec les premières chaleurs du printemps, suivant les circonstances plus ou moins tôt dans le courant d'avril, les *Phylloxera*, presque tous jeunes, qui ont hiverné sous les écorcements des racines, secouent la torpeur léthargique qui les a tenus engourdis pendant cinq mois environ et se mettent bien vite à l'œuvre[1]. Après avoir changé, par une mue, la couleur fauve qu'ils avaient affectée durant leur sommeil contre une teinte jaune plus claire, ces jeunes pucerons grandissent, en effet, rapidement et commençent bientôt à pondre. En courant à l'aventure le long des radicelles, ces jeunes parasites ne tardent pas à découvrir les nouvelles pousses souterraines, et s'établissent bien vite sur ces parties, souvent peu profondes, qui, plus tendres et plus succulentes, leur offrent une nourriture plus abondante. Sous l'influence de la piqûre de l'insecte, les sucs attirés font très-vite gonfler la radicelle et constituent alors les *renflements* jaunâtres, oblongs ou recourbés, de un à deux centimètres au plus, et si caractéristiques que l'on trouve, durant la plus grande partie de la belle saison, sur le chevelu, au pied des souches attaquées. Dans ce temps, en mai ou en juin par exemple, on ne trouvera donc sur les racines et sur les renflements que trois états ou trois formes : des œufs, des jeunes et des pondeuses aptères. Les œufs,

serres et treilles malades. Après cela, il est fort possible encore, bien que non à souhaiter, que j'aie l'occasion de faire suivre cette brève description des formes semi-estivales du *Phylloxera*, à Pregny en 1875, de nouvelles observations sur l'extension de la maladie, ou de nouvelles données sur le genre de vie et les transformations du puceron, dans notre canton, durant les autres saisons.

[1] Des individus, sortis de terre, engourdis, au mois de février, se réveillèrent, après une heure ou deux, dans la température de ma chambre, 12° centigrades environ.

d'un beau jaune et elliptiques, mesurant d'ordinaire un peu plus d'un quart de millimètre, donneront naissance, après six à huit jours, dans des conditions ordinaires, à des petits qui, au bout de deux ou trois jours, mesureront déjà plus d'un tiers de millimètre. Munis de membres relativement très-allongés, ces nouveau-nés se promènent d'abord en tous sens ; puis, lorsqu'ils ont trouvé une place convenable, ils plongent leur suçoir, et grossissent alors rapidement, pour devenir à leur tour, à l'âge de trois à quatre semaines environ, femelles aptères susceptibles de pondre des œufs féconds sans accouplement.

La plupart des larves pondeuses que l'on trouve entre les écorcements des racines, beaucoup même de celles qui vivent sur les renflements morbides des radicelles, sont jaunes avec une taille de $^3/_4$ de millimètre à 1 millimètre au plus. Il y en a d'un jaune citron ou d'un jaune orangé, d'autres sont d'un jaune tantôt plus verdâtre, tantôt plus roussâtre ; variétés de coloration provenant du degré de nourriture, ou souvent de l'ancienneté ou de la proximité d'une mue. Un grand nombre de ces pondeuses meurent après avoir suffisamment produit et sans avoir subi aucune transformation. Toutefois, une certaine quantité de ces larves, principalement de celles qui vivent sur les renflements, prennent, avec le temps, des proportions et une livrée un peu différentes. Sous l'influence, probablement d'une alimentation plus riche, ces dernières se gonflent, en effet, à tel point que leur corps déborde de plus en plus leurs pattes, et que ces membres, devenus relativement trop courts ne peuvent presque plus les porter [1]. Elles arrivent ainsi à mesurer jusqu'à 1^{mm} et $^1/_5$

[1] J'ai mesuré les rapports de dimensions de la patte médiane et du grand axe du corps chez un grand nombre de jeunes et de pon-

à 1^{mm} et $^1/_4$ et se font reconnaître à première vue, non-seulement par leur grande taille, mais encore par leur coloration franchement verte (Voy. pl. fig. 1, une de ces grandes larves vertes, à un grossissement de 50 diamètres environ. Au-dessous, fig. 2, est un œuf pondu par celle-ci, depuis quelque temps déjà).

Ainsi que la figure le montre, le corps est subelliptique et très-large, les articles sont très-apparents, les pattes et le suçoir de couleur brunâtre sont relativement très-courts, les antennes sortent d'une dépression au lieu de paraître portées sur un pédicule, enfin les yeux, invisibles dans la position du dessin, sont encore imparfaits.

Tandis que les jeunes individus changent souvent de place, les grosses larves vertes ne remuent guère et semblent pondre et suçer toujours sur le même point, jusqu'à ce que mort s'en suive [2]. On les trouve volontiers, ai-je dit, sur les nodosités, à une petite profondeur. Sou-

deuses de tailles diverses, et j'ai trouvé que ce membre varie, quant à sa longueur relative, depuis les premières heures de l'existence jusqu'à l'état de grosse pondeuse, de $^2/_5$ ou même $^1/_2$ à $^1/_4$ ou $^1/_5$ du corps. Il m'a semblé également que, chez des jeunes de même taille, il s'en trouvait qui avaient les membres plus allongés que d'autres; toutefois, je n'ai pu suivre ces derniers d'assez près pour apprécier les conséquences de cette différence.

[2] Plusieurs observateurs ont remarqué que chaque femelle pond, en diverses reprises, de 30 à 40 œufs, qu'elle distribue autour d'elle, en tournant simplement autour de son suçoir toujours planté. Il m'a semblé que les grosses femelles vertes en renferment à la fois, jusqu'à 8 ou 9 au même point de développement. Une de celles-ci m'a pondu jusqu'à 26 œufs de $^1/_3$ de millimètre, en quatre jours. Si on prend un minimum de 20 œufs par pondeuse, et qu'on évalue à quatre semaines environ la durée du développement, depuis l'œuf jusqu'à l'état de pondeuse, on verra que, dans sept mois d'activité, un seul individu de la forme parthénogénique aura produit, par descendance, près de 25 milliards de pucerons.

vent cette succion prolongée, sur le même point, fait courber le renflement en U, à droite et à gauche de l'insecte, et il arrive fréquemment de voir de ces grosses larves vertes comme encastrées dans le gonflement morbide de la radicelle. En absorbant toujours au-dessous d'elles, elles finissent quelquefois même par s'enfoncer profondément dans les tissus ainsi gonflés. (Voy. pl., fig. 3, un renflement, une grosse larve verte en place, des œufs, des pondeuses ordinaires et des jeunes, le tout à un grossissement de quatre diamètres.)

Pendant que les pondeuses continuent à reproduire et multiplier à l'envi leur espèce, certains jeunes, dont le rôle est plutôt d'étendre les conquêtes, se préparent peu à peu, suivant les circonstances, plus ou moins vite en juillet ou seulement en août, à voler à la découverte de nouveaux domaines. Tout en croissant, ils s'allongent, et, au lieu de s'occuper à sécréter des œufs, ils poussent des ailes, pour devenir les pionniers d'une nouvelle colonie.

C'est à saisir le moment où la transformation commence à se montrer dans nos environs que M. Ador et moi avons surtout attaché de l'importance. Il nous paraissait utile de déterminer, pour notre bassin, l'époque à laquelle les nymphes cherchent à sortir de terre, pour terminer le développement de leurs ailes et pour porter la maladie dans de nouveaux vignobles.

Plusieurs naturalistes[1] ont déjà signalé et décrit plus

[1] Voyez, entre autres, pour diverses observations sur le *Phylloxera* : Le *Phylloxera*, faits acquis, etc., par Planchon et Lichtenstein ; Montpellier, 1872. — Le *Phylloxera* de la vigne, par E. Blanchard ; Revue des Deux-Mondes, nov. 1873. — Sur le *Phylloxera* ailé et sa progéniture, par Balbiani ; Comptes rendus de l'Acad., 1874. — Mémoire sur la reproduction du *Phylloxera* du chêne, par Balbiani ; Comptes rend. Acad. 1874. — Étude sur la nouvelle maladie de la vigne, par

ou moins de semblables nymphes, en France et ailleurs ; toutefois, il m'a paru qu'en signalant l'époque de l'apparition de cette forme dans notre pays, il ne serait peut-être pas inutile d'entrer dans quelques nouveaux détails sur ce sujet et de mieux faire comprendre, par des figures, l'apparence de cet état transitoire.

Le *Phylloxera*, depuis son bas âge, mue souvent durant la belle saison ; et c'est à la suite de l'un de ces changements de peau que l'on voit, en été, apparaître sur les côtés de la larve, un peu au-dessus du milieu du corps, le rudiment des ailes futures qui se sont développées, sous l'enveloppe maintenant tombée, aux dépens des troisième et quatrième articles, soit au niveau, à peu près, des pattes médianes. D'abord jaune, comme le reste du corps, ce rudiment d'aile prend assez rapidement, en s'allongeant, une teinte noirâtre. Il a l'air d'un sac, quand on regarde l'animal de profil ; mais, quand la nymphe se présente par la face ventrale, on distingue alors parfaitement, de chaque côté du corps, les deux ailes en formation : l'aile supérieure, la plus grande, pendant à l'extérieur, au troisième article, et, par-dessous celle-ci, l'aile inférieure,

M. Cornu ; Compt. rend. Acad. 1874. — Sur la maladie de la vigne et sur son traitement, etc., par L. Faucon ; Compt. rend. Acad. 1874. — Études sur la nouvelle maladie de la vigne, etc., par Duclaux ; Compt. rend. Acad., 1874. — Le *Phylloxera* de la vigne, etc., par M. Girard ; Paris, 1874. — Observations sur la reproduction du *Phylloxera* de la vigne, par Balbiani ; Compt. rend. Acad., 1875. — Beitrag zur Beantwortung der heute in Frankreich besonders ventilirten Fragen über *Phylloxera vastatrix*, auf Grund der in Klosterneuburg, etc. ; von L. Roesler ; Heidelberg, 1875. — Die Reblaus, *Phylloxera vastatrix*, von Dr Wittmack ; Berlin, 1875. — Die Reblaus, von O. Dietzsch ; Zurich, 1875. — Die Wurzellaus des Weinstockes, von Dr A Blankenhorn und Dr J. Moritz ; Heidelberg, 1875. — Le *Phylloxera* et les vignes de l'avenir, par P. Guérin ; Paris, 1875, etc.

naissant du quatrième article, mais recouverte comme d'une coque par la précédente.

Les individus qui se transforment se distinguent, à première vue, des pondeuses par leur forme et leurs pattes plus allongées, et des jeunes par leur taille beaucoup plus grande. J'ai mesuré plusieurs nymphes qui égalaient entre 1 et 1 $^1/_7$ de millimètre, et chez lesquelles la patte médiane mesurait la moitié de la longueur totale, tandis que le même membre égale seulement, comme je l'ai dit, un quart ou un cinquième environ de la même longueur, chez de vieilles pondeuses. En même temps que le corps grandit, les articles supérieurs, céphalique et thoraciques, prennent plus d'importance. Les pattes et les antennes s'allongent aussi et s'effilent, tandis que le suçoir, qui ne change guère, paraît au contraire beaucoup plus court que chez les nouveau-nés; après avoir atteint chez ceux-ci jusqu'à l'anus environ, il s'arrête maintenant peu au-dessous du milieu du corps. Les yeux, représentés d'abord par un groupe informe de cellules pigmentaires, se développent peu à peu et apparaissent bientôt, comme une tache saillante et facetée d'un beau rouge sombre. Enfin, la tête, le thorax, les membres et les six ou sept articles postérieurs ou abdominaux, prennent une teinte rousse ; tandis que les articles, dont sortent les ailes, qui seront foncés plus tard, représentent au contraire, pour le moment, une zone plus pâle. (Voyez planche, fig. 4, une nymphe de face, montrant la première apparition des ailes à la suite de la chute d'une peau encore attachée aux pattes, et, fig. 5, une autre nymphe un peu plus avancée, de profil.)

Avec leur petit sac noirâtre sur la côte, un corps relativement élancé et de longues jambes, ces nymphes pa-

raissent dans une grande agitation; comprenant probablement la transformation qui s'opère en elles et se sentant appelées à une nouvelle existence, elles trottent rapidement sur les renflements ou des renflements aux radicelles et vice versâ. C'est principalement sur les nodosités que j'ai trouvé ces êtres transitoires et agités; il semble qu'ils soient moins occupés à manger que les pondeuses, et je n'ai reconnu jusqu'ici d'œufs dans le ventre d'aucun de ceux que j'ai eu l'occasion d'examiner [1].

Il est fort probable que c'est à ce moment et dans cet état que le *Phylloxera* cherche à sortir de terre, pour terminer rapidement le développement de ses ailes et s'envoler bientôt au gré des vents vers de nouveaux parages. Il était donc important de déterminer, pour l'avenir, l'époque à laquelle la transformation s'opère dans notre pays, en diverses conditions. Or, j'ai trouvé dans la serre inférieure de M. de Rothschild, des nymphes avec des ailes en voie de développement, depuis le 21 juillet de cette année (1875), tant sur le chevelu de la souche à l'intérieur que sur les renflements des radicelles à l'extérieur, chaque pied étant planté au dehors et passant au travers du mur, par un manchon de terre cuite. Toutefois, cette donnée ne paraissant pas très-concluante, par le fait des conditions anomales de la vigne en serre, j'ai encore cherché à surprendre la transformation dans les vignes attaquées de Pregny, et, le 3 août enfin, j'ai reconnu des nymphes avec rudiments d'ailes sur des radicelles provenant de l'ex-vigne de M. Golay où, malgré l'arrachage et le traitement à la chaux, quelques radicelles ou-

[1] Selon le doct. Wittmack, un certain nombre de ces nymphes n'arriveraient pas à se transformer à temps et pondraient alors, sous le sol, des œufs en tout semblables à ceux des femelles aptères.

bliées sur le sol avaient repris vie et fourni ainsi un aliment à quelques échappés.

Au bout de combien de jours de semblables individus seront-ils, à l'état libre, prêts à partir, pour coloniser, c'est ce que je ne saurais préciser jusqu'ici; mais c'est ce que l'observation durant la seconde moitié de l'été, où s'ouvre une ère nouvelle pour l'insecte, nous apprendra probablement, si toutefois les travaux de traitement et de destruction, qui sont maintenant activement poussés sur tous les points malades, nous en laissent encore le temps et la facilité. En tous cas, l'agitation actuelle des nymphes, sous la terre, ne permet guère de supposer une attente bien prolongée, et il me semble ressortir de ces premières observations que si, malheureusement, l'an prochain, le fléau continuait à se répandre, il serait assez prudent, pour celui qui voudrait persévérer dans la lutte, de se mettre en mesure d'arracher ses souches et de traiter ou de couvrir son sol avant la fin de juillet, peut-être même avant la mi-juillet, suivant les circonstances [1].

[1] Quelques auteurs ont observé la transformation dans le midi de la France, les uns dès le 15 juin, les autres depuis le 15 juillet. M. Faucon se trompe, je crois, quand il attribue la précocité des époques citées par ses prédécesseurs au seul fait que ceux-ci auraient étudié le puceron en captivité. (Voyez Mémoire sur la maladie de la vigne et sur son traitement par le procédé de la submersion, par M. Louis Faucon, p. 18 et 20; Compt. rend. de l'Acad. 1874.) Je croirais plutôt, puisque M. Faucon n'a pu constater la transformation que depuis le 20 août, que le passage à l'état ailé se fait plus ou moins vite suivant les circonstances et qu'en tous cas cette époque de transition dure assez longtemps pendant la belle saison.

On sait que le *Phylloxera* a été signalé, il y a déjà quelques années, dans une commune du canton de Schaffhouse, où il se serait miraculeusement éteint sans avoir étendu ses ravages. On a appris également, plus récemment, que le parasite se trouvait à Schmerikon, au

bout du lac de Zurich dans le canton de St-Gall ; enfin, tout dernièrement, les gazettes ont raconté que l'insecte pullule maintenant dans un vignoble de Thurgovie.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

Fig. 1. Grosse larve verte, de la forme parthénogénique, soit pondant sans accouplement, prise, fin juin, dans la vigne de M. Panissot, à Pregny, mesurant 1 1/5 millimètre de longueur, et vue à un grossissement de 50 diamètres environ.

Fig. 2. Un œuf pondu par celle-ci, au même grossissement.

Fig. 3. Un renflement morbide des radicelles, avec une grosse pondeuse verte, dans la courbure que sa piqûre a amenée ; deux pondeuses jaunes plus petites, une de dos et une de profil, près d'une ancienne piqûre; deux jeunes errants et des œufs; le tout à un grossissement de 4 diamètres.

Fig. 4. Une nymphe montrant, par la face ventrale, la première apparition des ailes après une mue; la défroque est encore attachée aux pattes inférieures de l'insecte. On voit, à droite et à gauche, la seconde aile se développant sous la supérieure. Cette nymphe a été prise, le 21 juillet, dans la serre inférieure de M. de Rothschild, au-dessous de Pregny. Longueur de l'individu, 1 millim.; grossissement, environ 45 diamètres.

Fig. 5. Une nymphe un peu plus développée, vue de profil, prise le 27 juillet, dans la même serre de M. de Rothschild, mesurant 1 1/7 mill., et à un grossissement de 45 diamètres environ.

Les nymphes prises dans la vigne de M. Golay, le 3 août, sont en tout semblables.

Dans les diverses figures :

a Gaîne et soies du suçoir; ces dernières tantôt couchées dans leur gaîne protectrice, tantôt projetées en avant.

b Pattes terminées en crochet, avec des poils et de petites pelotes.

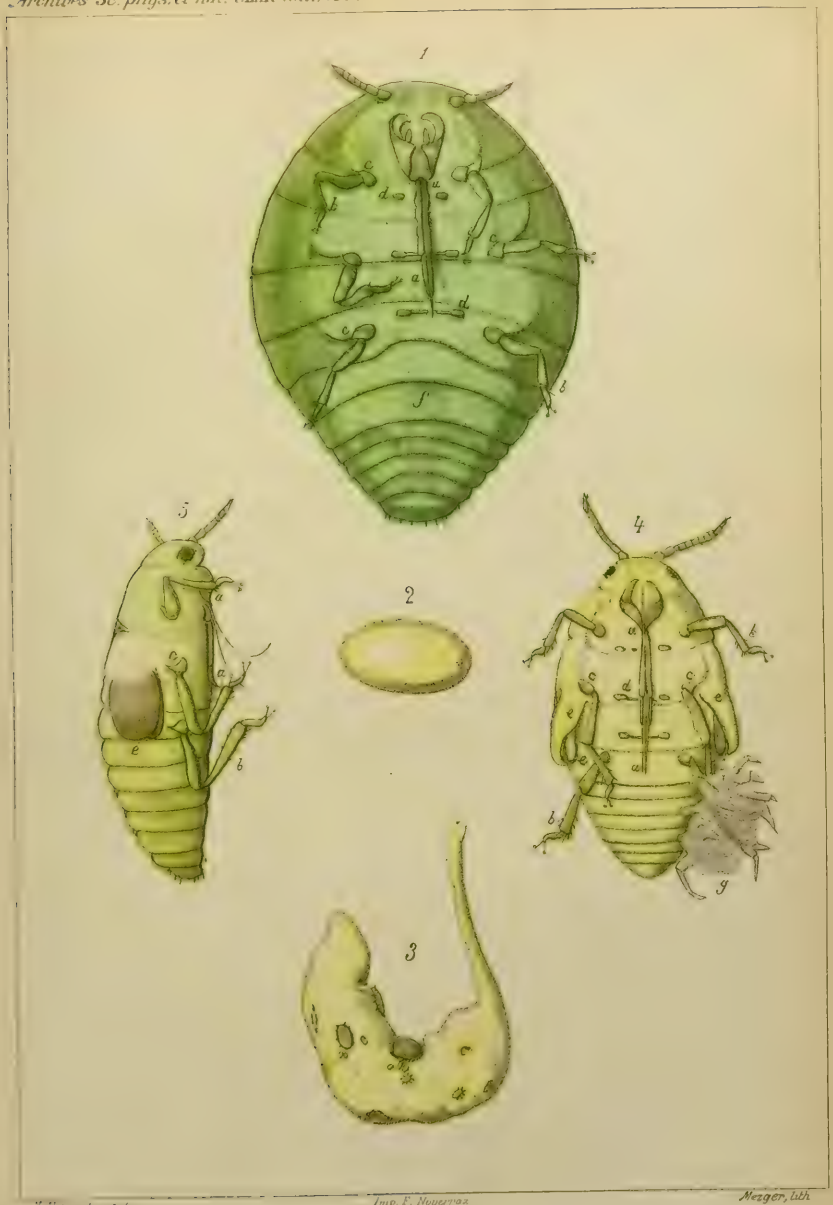
c Base articulée des membres, reliée aux sinuosités du contour du plastron thoracique.

d Trois paires de tubercules thoraciques

e Les ailes en voie de développement.

f Des œufs vus par transparence.

g Peau ou défroque de la nymphe.



T. Pilet del. nat. del. Imp. E. Noverraz Mezger, lith.

PHYLLOXERA VASTATRIX

1. *Grosse larve pondeuse verte, à 50 diamètres*
2. *Un oeuf, à 50 diam.*
3. *Un renflement des radicelles, à 4 diam.*
4. *Première apparition des ailes, à 45 diam.*
5. *Nymphe un peu plus avancée, à 45 diam.*

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

A. Forster. — Rapports sur les observations météorologiques faites a l'observatoire de Berne, et mémoires y relatifs.

L'observatoire de Berne est, je crois, le seul de la Suisse à ma connaissance du moins, où l'on ait établi, depuis un certain nombre d'années, des appareils enregistreurs des observations météorologiques. Ces appareils qui ont, quand ils sont bien réglés, le grand avantage de faciliter et de multiplier beaucoup les indications de ce genre, y ont été d'abord établis par M. le professeur Wild, avant qu'il fût appelé à la direction de l'observatoire physique central de St-Pétersbourg; et leurs résultats ont été régulièrement publiés dans le Recueil général in-4° des observations météorologiques du réseau suisse, imprimé à Zurich, depuis 1864, sous la direction de M. le prof. Rodolphe Wolf.

M. Forster, ayant succédé à M. Wild dans la chaire de physique à l'Université de Berne, a continué à s'y occuper, avec grand intérêt, des observations meteorologiques, et il a publié successivement des rapports relatifs à celles qui ont été faites, à l'aide des appareils enregistreurs, en 1872, 1873 et 1874, à l'observatoire de Berne.

Aux deux derniers de ces rapports sont joints ceux de M. Fankhauser, forestier en chef du canton de Berne, sur les observations forestières, météorologiques et phénologiques, instituées depuis 1869 en diverses stations de ce grand Canton.

Il a paru récemment aussi divers mémoires relatifs au climat de Berne.

Je vais passer rapidement en revue ces publications.

M. Forster annonce, dans le premier de ses rapports, relatif à l'année 1872, qu'après avoir effectué diverses réparations et améliorations dans les anciens appareils enregistreurs, il en a fait établir deux nouveaux, dont l'un est destiné à enregistrer les indications de l'hygromètre à cheveu et l'autre celles du baromètre, avec compensation pour les variations de température, selon les nouvelles idées émises par M. Wild. Ce dernier instrument est très-sensible; l'un et l'autre sont indépendants du courant électrique qui régit les anciens instruments.

Il y a maintenant en fonction, dans l'observatoire, deux séries d'appareils enregistreurs, comprenant chacune : baromètre, thermomètre, hygromètre, anémomètres mesureurs soit de la force, soit de la direction du vent, et ombromètre ou pluviomètre; séries entièrement indépendantes sous le rapport du courant électrique, de manière à assurer la possibilité de la continuité des observations.

Les thermomètres sont métalliques et leurs variations sont un peu lentes; mais M. Forster croit que les *maxima* et *minima* y sont suffisamment marqués. Le psychomètre ne peut être utilisé en hiver, et l'emploi de l'hygromètre à cheveu, convenablement réglé, lui paraît toujours avantageux.

Je ne puis reproduire ici les nombreux tableaux contenus dans les rapports de M. Forster, ni les détails qu'il donne sur chacune des années.

Je me bornerai à un simple aperçu.

L'observatoire de Berne est situé à une longitude à l'est de celui de Paris de 21 minutes en temps, sa latitude boréale est de 46°57′ et sa hauteur au-dessus du niveau de la mer de 574 mètres. La température moyenne annuelle de l'air, en degrés du thermomètre centigrade, y a été, en prenant l'année à partir du mois de décembre de la précédente, de 8°,1 en 1872, de 8°,86 en 1873 et de 8°,08 en 1874. Sa valeur moyenne, conclue des observations faites de 1830 à 1874, est de 8°,56.

Les extrêmes absolus de température annuelle y ont été en 1872 : — 13°,8 (8 décembre 1871) et + 32°,1 (28 juillet 1872).
en 1873 : — 8°,0 (13 février) et + 32°,8 (8 août).
en 1874 : — 16°,1 (12 février) et + 31°,8 (3 juillet).

La moyenne des saisons pour la température y a été la suivante :

	Hiver	Printemps	Été	Automne
1872 :	— 2°,6	+ 8°,5	+ 16°,7	+ 9°,9
1873 :	+ 0°,68	+ 7°,36	+ 18°,17	+ 8°,63
1874 :	— 1°,24	+ 7°,76	+ 17°,53	+ 8°,27

M. Forster donne le tableau des variations de la température dans les 24 heures, variations qui sont souvent assez considérables à Berne. Leur moyenne annuelle a été de 8°,7 en 1872 et 1873, et de 9°,1 en 1874 ; mais il y en a quelquefois, au printemps et en été, qui sont de 16 à 18 degrés dans la même journée.

La hauteur moyenne de la colonne barométrique à l'observatoire de Berne en millimètres est de 712^{mm},29.

Celle de	1872	a été de	711^{mm},5	en moyenne
»	1873	»	711^{mm},6	»
»	1874	»	713^{mm},07	»

L'amplitude de variation annuelle est d'environ 30 à 40 millimètres.

La quantité normale annuelle d'eau de pluie et de neige est d'environ 905 millimètres. Elle a été en 1872 de 964^{mm},8, en 1873 de 873^{mm},3 et en 1874 de 902^{mm},9.

On en indique, dans les tableaux mensuels, la durée de chute et les quantités suivant les divers vents régnants.

En désignant par le chiffre 10 un ciel tout à fait couvert et par 0 un ciel tout à fait clair, le tableau journalier de 1873 donne une moyenne annuelle de 6,6 et celui de 1874 5,57. L'été est la saison la plus claire, correspondant au chiffre 5. En 1872 le chiffre annuel a été de 6,7.

L'année 1874, assez froide à Berne, y a présenté 122 jours de gelée, et 28 jours où le thermomètre ne s'est pas

élevé au-dessus du point de congélation. Le temps y a été plus clair, plus sec, plus venteux et le baromètre plus haut que d'ordinaire. Il y a eu 43 jours de vents très-forts, soit dans la direction du sud, soit dans celle du nord.

Le 17 novembre, la vitesse moyenne du vent d'ouest a été de 6,2 mètres par seconde, et le 28 juin elle a atteint, de 3 à 4 heures de l'après-midi, 15,2 mètres par seconde.

M. Forster parlait déjà, dans son rapport pour l'année 1872, de l'inconvénient qu'il y avait à ce que l'observatoire de Berne ne contînt point de logement qui permit au professeur de surveiller les appareils enregistreurs et d'y effectuer promptement les petites réparations et remises en ordre qu'ils exigeaient fréquemment. Il a présenté, l'année suivante, un plan de nouvel observatoire physique, beaucoup plus étendu et offrant de grands avantages sur le précédent. Les autorités gouvernementales paraissent favorables à ce projet, qui exigerait une dépense de 200,000 francs, et une votation populaire dans le même sens ayant été obtenue, M. Forster a le meilleur espoir qu'il pourra être bientôt mis à exécution.

Le commencement du neuvième volume du recueil in-4° des observations météorologiques suisses, comprenant celles de 1872, contient deux mémoires spéciaux relatifs à l'observatoire de Berne, dont je dirai ici quelques mots.

Le premier, qui est de M. le professeur Forster, est relatif à la répartition horaire des pluies atmosphériques, déduite des indications de l'ombromètre enregistreur de Berne.

Quelques observateurs avaient déjà remarqué qu'il tombait, dans certaines stations, beaucoup plus de pluie dans l'après-midi que le matin.

La recherche de M. Forster est basée sur l'annotation de 8140 heures de pluie de l'ombromètre, de 1864 à 1873, dont 2022 en hiver, 2411 au printemps, 1801 en été et 1906 en automne.

Les nombres moyens d'heures d'eau tombée par année qui en résultent sont les suivants :

252^h,7 en hiver,
301^h,4 au printemps,
225^h,2 en été,
238^h,3 en automne,

soit 1017^h,6 en moyenne par an.

Quant à la quantité moyenne d'eau de pluie et de neige qui tombe à Berne dans chaque heure du jour et de la nuit. M. Forster en donne le tableau détaillé, d'après les saisons. évalué en millimètres. On y voit que cette quantité atteint son *maximum* entre 5 et 8 heures du matin (à 10 h. seulement en hiver); qu'elle diminue ensuite jusque vers 2 h. de l'après-midi, où elle est à son *minimum*; puis, qu'elle augmente rapidement, et présente vers 9 h. du soir un second *maximum* plus grand que le premier.

On peut remarquer l'analogie de marche qui existe entre ces quantités de pluie et les variations diurnes du baromètre.

La quantité d'eau suivant les saisons est la suivante :

hiver	166	millimètres
printemps	239	»
été	290	»
automne	206	»
Total par an	901	millimètres.

M. Forster admet que de légers dérangements momentanés dans l'appareil enregistreur peuvent un peu diminuer l'eau réellement tombée, et il en porte la valeur moyenne à 905 millimètres.

Il conclut de ce travail que les chutes d'eau de pluie et de neige ont, à Berne, une marche horaire périodique en étendue, en quantité et en intensité.

Le second mémoire, mentionné plus haut, est de M. A. Weilenmann, ancien astronome adjoint de l'observatoire fédéral de Zurich, et a pour objet la marche diurne de la température à Berne, résultant de l'ensemble des indications horaires du thermomètre enregistreur de 1866 à 1872.

L'auteur commence par y présenter le tableau des températures moyennes de chaque heure du jour et de la nuit dans les divers mois de l'année, et il en conclut que, sauf dans les mois d'hiver, la température décroit régulièrement de nuit jusqu'au lever du soleil. Il attribue l'exception de l'hiver au ciel plus habituellement couvert et à la longueur des crépuscules dans cette saison.

M. Weilenmann s'attache alors à exprimer par une formule mathématique la loi de l'abaissement de la température pendant la nuit, en suivant l'exemple de Lambert, qui, dans sa Pyrométrie, avait trouvé que cet abaissement pouvait être représenté par une courbe logarithmique. En appliquant la formule théorique qu'il obtient aux observations de Berne, elle ne donne lieu qu'à de très-légères différences entre les résultats du calcul, pour chaque heure de la nuit, et ceux réellement accusés par le thermomètre enregistreur. Il applique la même formule aux observations thermométriques horaires faites à Hobarton, à Batavia, à Prague, à Pétersbourg, à Toronto, à Genève et au grand St-Bernard, et parvient aussi à un accord satisfaisant entre les résultats du calcul et ceux de l'observation.

L'auteur s'occupe ensuite de la recherche de l'influence qu'exerce un ciel nébuleux sur le refroidissement nocturne de la température, et il arrive à constater que, par un ciel tout à fait couvert, la température est, à Berne, à la fin de la nuit, plus élevée de 5 à 6 degrès qu'elle le serait par un temps clair et à égale température au commencement de la nuit.

Il traite encore la question de l'amplitude des variations diurnes de la température, et fait voir que le quotient de cette amplitude par le nombre d'heures du jour est une quantité à peu près constante, comme M. Lamont l'avait déjà annoncé ; cette quantité est, à Berne, en moyenne annuelle, de 0°,56 du thermomètre centigrade. En multipliant sa valeur pour chaque mois par le chiffre correspondant qui exprime l'état nébuleux du ciel, on obtient des chiffres men-

suels encore plus d'accord entre eux et dont la moyenne annuelle est de 0,365. A Genève, ces chiffres annuels sont respectivement 0,51 et 0,315, un peu plus petits, par conséquent, qu'à Berne, ce que M. Weilenmann attribue à l'influence de notre lac, qui tend à diminuer les variations de la température.

Je n'ai pu donner ici qu'une légère idée de ce mémoire de physique mathématique. Il tend, comme le précédent, à prouver combien l'usage des appareils météorologiques enregistreurs, tels que ceux de l'observatoire de Berne, peut donner lieu à d'intéressantes recherches.

Le volume des observations suisses de 1873 contient un court mémoire de M. Albert Benteli, résultant aussi des observations de Berne, sur les rapports entre les vents et les chutes de pluie, dont je vais insérer encore ici une courte analyse.

L'auteur cite, en le commençant, un travail sur le même sujet de M. le professeur Rodolphe Wolf, qu'il dit avoir paru dans le volume de 1871 du même recueil, et que j'ai eu le regret de n'y pas trouver.

M. Benteli rapporte les résultats déduits par M. Wolf des cinq années 1865 à 1869, en les comparant à ceux que l'année 1872 lui a fournis à lui-même.

Il s'occupe d'abord du nombre des jours et heures de pluie et de neige dans chaque saison, et il montre qu'il y en a au delà de trois fois plus par les vents du sud et du sud-ouest que par ceux du nord et de l'est. De 1865 à 1869, ce sont les vents de sud-ouest et de sud-est qui ont été à Berne les plus fréquents et les plus forts, tandis qu'en 1872 ç'a été ceux d'ouest et de sud-est. Mais, en réunissant d'un côté ceux provenant du courant équatorial, et de l'autre ceux du courant polaire, les premiers ne l'emportent pas beaucoup en durée sur les autres. De 1865 à 1869, ce sont les premiers qui ont prévalu en hiver, et les autres en été et en automne ; mais en 1872 le cas a été inverse. La vitesse moyenne du vent a été à peu près la même dans les deux périodes, savoir de 78 à

83 centimètres par seconde, mais sa direction moyenne a été de 71 degrés, entre les points ouest et sud-ouest, dans la première, et de 116 $^1/_2$ degrés dans la seconde, entre les points ouest et nord-ouest.

Le mémoire est terminé par des tableaux numériques qui en contiennent tous les détails. L'auteur y a joint comme figures graphiques, au lieu de courbes, des cercles et des carrés de dimensions et de nuances diverses, pour représenter la force et la direction des vents, ainsi que les quantités de pluie dans les différentes saisons.

A. G.

PHYSIQUE.

Alfred Mayer. — Researches on acoustics. Recherches d'acoustique. (Extr. du *Philos. Mag.*, mai 1875.)

Cette nouvelle communication de M. Mayer contient l'exposé d'une méthode aussi simple qu'ingénieuse, à l'aide de laquelle il est parvenu à déterminer la durée relative des diverses impressions sonores sur l'oreille, ainsi que la loi suivant laquelle cette durée varie d'un ton à l'autre.

Cette méthode ressemble fort à celle en usage pour l'étude des phénomènes analogues de la lumière. Elle consiste, en effet, à faire vibrer un diapason près d'un résonateur dont il est séparé par un disque tournant percé de trous équidistants entre lesquels se trouvent des espaces pleins, d'une largeur double de celle des trous. Le son simple du diapason est ainsi alternativement arrêté par le disque ou renforcé par le résonnateur. Ce dernier communique, au moyen d'un tube en caoutchouc, avec l'une des oreilles de l'observateur dont l'autre oreille est hermétiquement bouchée par un épais tampon de cire d'abeilles. L'oreille libre perçoit de la sorte une série de battements qui se succèdent

avec plus ou moins de rapidité suivant la vitesse de rotation du disque.

Cela étant, l'observateur continue à distinguer avec netteté les battements successifs, tant que le disque tourne assez lentement pour que l'intervalle compris entre ceux-ci ne surpasse pas la durée de l'impression de chacun d'eux sur l'oreille. Mais dès que cette vitesse de rotation a dépassé une certaine limite, les battements cessent et sont remplacés par un son continu. A ce moment le temps qui s'écoule entre les passages de deux trous successifs du disque au devant du résonnateur est sensiblement égal à la durée de l'impression produite sur l'oreille par chaque battement.

En employant ainsi tour à tour un grand nombre de diapasons, M. Mayer a réussi, par ce moyen, à déterminer la durée d'impression des diverses notes, depuis l'Ut_1 de 64 vibrations par seconde jusqu'à l'Ut_5 de 1024 vibrations.

En ce qui concerne l'Ut_1, cette détermination a, il est vrai, exigé l'emploi d'une méthode quelque peu différente par suite de l'impossibilité de se servir, dans ce cas, d'un diapason et d'un résonnateur convenables. Il a fallu, alors, remplacer le premier par un tuyau d'orgue fermé et le second par un tube de gutta-percha dont la bouche était placée tout près du disque tournant. En faisant usage, d'ailleurs, plus tard, de cette même disposition pour les notes plus élevées, M. Mayer a pu constater que les résultats restaient sensiblement les mêmes que lorsqu'il employait la méthode plus simple des diapasons et des résonnateurs.

De toutes ces recherches s'est alors dégagé une loi remarquable, qui ne fait, il est vrai, que confirmer les prévisions naturelles, mais qui n'avait pas encore été constatée directement.

M. Mayer a, en effet, trouvé de la sorte que la durée des impressions sonores est plus grande pour les notes basses que pour les notes hautes et qu'elle va même en diminuant régulièrement de l'Ut_1 à l'Ut_5.

Cette loi est clairement indiquée dans le tableau suivant,

dans lequel la colonne N contient les nombres de vibrations de chaque son, tandis que la colonne D indique les durées des impressions correspondantes. Enfin, la colonne L contient les nombres de vibrations composant les battements à l'instant où ils commencent à produire un son continu.

SONS	N	D	L
Ut_1	64	$\frac{1}{25}$ = ,0395 sec.	2.5
Ut_2	128	$\frac{1}{45}$ = ,0222	2.8
Ut_3	256	$\frac{1}{70}$ = ,0142	3.6
Sol_3	384	$\frac{1}{102}$ = ,0076	3.9
Ut_4	512	$\frac{1}{130}$ = ,0098	3.7
Mi_4	640	$\frac{1}{152}$ = ,0065	4.1
Sol_4	768	$\frac{1}{166}$ = ,0060	4.6
Ut_5	1024	$\frac{1}{180}$ = ,0055	5.6

On comprend que l'appréciation exacte du moment où le son devient continu n'est pas sans difficulté et qu'elle exige une oreille des plus exercées. Aussi M. Mayer a-t-il dû avoir recours, dans ses expériences, à l'aide de deux musiciens distingués, Mme Emma Seiler et son fils, qui avaient déjà précédemment assisté M. Helmholtz dans ses savantes recherches d'acoustique.

M. Mayer a en outre tracé les courbes des durées d'impression obtenues par cette méthode, et la discussion de ces courbes l'a conduit à exprimer d'une manière générale la durée D des impressions en fonction du nombre N de vibrations correspondant à chaque son au moyen de la formule suivante :

$$D = \frac{3,2}{N+31} + 0022$$

La même méthode et le même appareil peuvent aussi servir à déterminer pour chaque son le nombre de battements par seconde qui produit la plus grande dissonnance. Cette détermination est, il est vrai, encore plus délicate que celle de

la durée d'impression ; car l'appréciation du maximum de dissonnance varie beaucoup d'un observateur à l'autre.

Néanmoins, M. Mayer est arrivé à établir que, pour chaque observateur, le nombre des battements produisant le maximum de dissonnance est toujours une même fonction de celui pour lequel les battements successifs se fondent en un son continu. En moyenne, cette fraction se trouve être de $\frac{4}{10}$. Ainsi, la même loi qui relie entre elles la tonalité et la durée des impressions sonores, embrasse encore le nombre des battements qui produisent la dissonnance maximum.

Une autre conséquence non moins importante de tous ces faits, est la possibilité d'analyser un son complexe par le moyen du même disque tournant à secteurs évidés.

En effet, si l'on fait tourner un semblable disque au devant de l'ouverture d'un tuyau vibrant, l'oreille percevra, sous forme d'une série de battements, le son composé rendu par cet instrument, et il sera toujours possible de donner au disque une vitesse de rotation suffisante pour fondre en un même son continu les battements correspondants à tel harmonique que l'on voudra.

Ce qui se passe, dans ce cas, pour le son est évidemment analogue à ce qui a lieu pour la lumière, lorsqu'on fait tourner rapidement devant les yeux un disque à secteurs alternativement blancs et noirs. La rétine est alors soumise à des alternatives d'excitation successivement croissante et décroissante, dont les maxima n'ont pas lieu simultanément pour les diverses couleurs, mais plus vite pour le rouge et le violet que pour le vert. Il en résulte, suivant une expérience imaginée par M. Helmholtz (optique physiologique), que, si l'on fait toujours tourner le disque, d'abord lentement, puis de plus en plus vite, le blanc se colore en rougeâtre sur le bord qui se présente le premier et en bleuâtre sur le bord opposé.

Les recherches de M. Mayer et les lois qui les résument ont aussi pour résultat de confirmer les idées de M. Helm

holtz sur la difficulté que l'on éprouve à produire des trilles avec les notes basses. C'est, en effet, par la plus grande durée des impressions produites par ces notes basses que M. Helmholtz s'est rendu compte de cette difficulté qui se présente d'ailleurs avec les instruments les plus divers. Ce phénomène prouve, suivant lui, que les vibrations des parties mobiles de l'oreille répondant aux notes basses ne sont pas amorties assez complétement ou assez vite pour empêcher la fusion en une seule impression de deux sons qui se succèdent rapidement.

La découverte de cette plus grande durée des impressions sonores produites par les notes basses a aussi conduit M. Mayer à remarquer un fait nouveau qui en découle tout naturellement. Il a constaté, en effet, que le timbre des sons complexes commence toujours à changer à l'instant où cessent les vibrations extérieures à l'oreille. A partir de ce moment, la sensation prend un caractère de plus en plus simple jusqu'à ce que l'oreille ne perçoive plus que le son de l'harmonique fondamental, qui s'évanouit bientôt aussi lui-même. Dans ce cas, on remarque que les harmoniques successifs s'éteignent, ainsi que cela doit être, dans l'ordre même des durées d'impression qui leur correspondent.

Ici encore se révèle une analogie avec les phénomènes lumineux. Cette extinction successive des divers harmoniques d'un son complexe est, en effet, un phénomène de même ordre que l'apparition des teintes successives que notre œil perçoit dans l'obscurité après qu'il a subi pendant un court instant l'impression de la lumière blanche. Dans ce cas, la durée d'impression des diverses couleurs est aussi en raison inverse des nombres de vibrations qui leur correspondent.

Mais cette analogie est incomplète, comme l'auteur en convient lui-même, s'il est vrai que l'impression du violet dure plus longtemps que celle du rouge. Il fait observer en outre qu'il ne saurait être question ici que d'une analogie de sensation et non de mécanisme; car on n'a pas encore prouvé qu'il existe dans la rétine des parties distinctes dont

les vibrations répondent individuellement aux diverses couleurs, tandis que l'organe de Corti joue probablement dans l'appareil auditif le rôle d'un véritable analyseur des sons.

C. d. C.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

A. Vulpian. — Leçons sur l'appareil vaso-moteur (Physiologie et Pathologie), faites à la Faculté de médecine de Paris, rédigées et publiées par le Dr C. Carville. Paris, Germer-Baillière, 1875, tome II.

Le tome second de cet ouvrage, dont nous avons analysé le tome premier (*Archives*, octobre 1874), comprend quinze leçons et forme un in-8° de 775 pages.

Dans ce volume, l'auteur continue à examiner les divers phénomènes physiologiques et pathologiques, dans lesquels on a fait jouer un rôle plus ou moins important à l'appareil vaso-moteur. Il analyse avec grand soin les ouvrages des nombreux auteurs qui se sont occupés de cette question, il discute avec détail chaque point, dont il fait une bibliographie raisonnée et détaillée. Des expériences physiologiques et des observations pathologiques nombreuses sont relatées dans le cours de ces leçons et en forment la partie essentiellement originale.

Dans la première partie de l'ouvrage, l'auteur termine l'analyse des fonctions du foie, commencée dans le premier volume, et en particulier de la fonction glycogénique ; il combat les opinions de M. Pavy et des auteurs qui, comme lui, font de cette fonction un phénomène *post mortem*, puis il étudie la pathogénie du diabète. Il montre que la glycosurie produite par une lésion nerveuse (expériences de M. Cl. Bernard) est toujours passagère et ne peut être complétement assimilée à la maladie connue sous le nom de diabète, » que la physiologie est jusqu'à présent impuissante à produire. » Pour l'auteur, les phénomènes vaso-moteurs ne semblent

jouer qu'un rôle accessoire dans la pathogénie de la glycosurie.

L'étude des névroses convulsives (l'hystérie et l'épilepsie), ainsi que celle du sommeil, ont fourni à M. Vulpian le sujet d'intéressants développements historiques, analytiques et d'expériences originales qui l'amènent à conclure que là encore le rôle attribué aux vaso-moteurs a été exagéré.

La leçon que M. Vulpian consacre à la température animale et à l'influence qu'a sur elle le système nerveux l'amènent à discuter les diverses opinions émises sur ce sujet et à en faire une étude critique dans laquelle il montre les nombreux points qui restent encore obscurs.

Relativement à la théorie du sommeil, M. Vulpian cite de nombreuses expériences originales destinées à élucider la question encore si controversée de la congestion ou de l'anémie cérébrale comme cause du sommeil physiologique ou du sommeil artificiellement produit par les anesthésiques. M. Vulpian pense que les phénomènes anémiques ou congestifs observés pendant le sommeil ne sont qu'accessoires.

« Nous pouvons donc dire, » dit-il en terminant, « que l'ac-
« tion hypnotique des diverses substances que nous avons
« étudiées, sous ce rapport, s'exerce sans que les effets
« qu'elle produit puissent être rattachés à des modifications
« vasculaires des centres nerveux. Ces substances n'agissent
« pas, en effet, sur ces centres par l'intermédiaire des vaso-
« moteurs, comme on l'a admis sans la moindre preuve di-
« recte ; c'est sur les éléments anatomiques mêmes des cen-
« tres nerveux que porte leur influence. Ce sont ces éléments
« qui sont directement modifiés probablement parce que les
« agents en question y pénètrent et y produisent une altéra-
« tion histo-chimique.

L'analyse des phénomènes de congestion ou d'anémie qui accompagnent les névralgies et certaines maladies telles que la migraine, l'influence trophique des centres nerveux sur les nerfs et les muscles, et ses rapports avec les modifications de la circulation capillaire sont les sujets de plusieurs

leçons dans lesquelles toutes les opinions, émises à cet égard, sont savamment discutées.

Nous ne pouvons insister ici sur les leçons que M. Vulpian consacre à divers sujets plus spécialement médicaux, tels que l'inflammation, les congestions, les hémorrhagies, la cachexie exophthalmique, etc.

Nous signalerons simplement, en terminant, l'étude des phénomènes vaso-moteurs qui accompagnent divers empoisonnements. M. Vulpian fait à cet égard l'analyse physiologique de plusieurs poisons :

1° La strychnine et les poisons du cœur qui, pour certains auteurs, agiraient sur les nerfs vaso-moteurs ;

2° L'ergotine, la nicotine, la quinine, la caféine, le bromure de potassium, l'atropine, considérés généralement comme vaso-constricteurs ;

3° L'opium, l'éserine, l'hydrate de chloral, le nitrite d'amyle, etc., dont plusieurs auteurs font des vaso-dilatateurs.

« En résumé, » dit M. Vulpian, en terminant son ouvrage, « qu'il s'agisse de substances auxquelles on a attribué une « action vaso-dilatatrice ou que l'on étudie celles qui ont été « considérées comme douées d'une influence vaso-constric- « tive, on voit que les opinions émises, dans l'un comme « dans l'autre cas, n'ont d'une façon générale que des bases « expérimentales bien peu solides. En outre, — on peut l'as- « surer sans hésitation, — quand même l'action, soit dilata- « trice, soit constrictive, de ces différentes substances sur « les vaisseaux serait prouvée, on ne pourrait pas expliquer « ainsi les effets déterminés par elles sur l'homme et les « animaux.

« Les agents toxiques et médicamenteux qui ont pénétré « dans le sang et qui n'ont pas contracté des combinaisons « tenaces avec la substance des globules sanguins, sortent « par dialyse osmotique au travers des parois des capillaires, « vont de la même façon que les matériaux nutritifs se met- « tre en contact avec tous les éléments anatomiques de l'or- « ganisme. Ils pénètrent même dans ces éléments, et suivant

« qu'ils modifient plus ou moins leur état physico-chimique, « ils attirent, d'une façon plus ou moins marquée, leurs pro- « priétés physiologiques. Il en résulte nécessairement une « perturbation plus ou moins notable des fonctions des or- « ganes formés par la réunion de ces éléments.

« Les modifications du calibre des vaisseaux ne sont, dans « l'immense majorité des cas, que des phénomènes secon- « daires, et, comme j'ai déjà cherché à le montrer, elles ne « jouent jamais un rôle dominant dans l'ensemble des effets « physiologiques, produits par telle ou telle substance médi- « camenteuse ou toxique. »

M. Vulpian, en publiant ces leçons, a rendu un grand service à la physiologie et à la pathologie en cherchant à réduire à sa juste valeur le rôle des vaso-moteurs. Depuis la découverte de ces modificateurs de la circulation, une grande exagération s'était introduite dans la science : Tous les phénomènes obscurs semblaient devoir être éclairés et interprétés par une action vaso-motrice. Si M. Vulpian n'interprète pas toujours les phénomènes qu'il observe, il montre du moins que souvent l'interprétation donnée est erronée et doit être cherchée ailleurs ; préférant ainsi le doute philosophique à des hypothèses que rien ne justifie et qui ne sont pas étayées sur des faits incontestables.

Dr P.

Dr Ch. David, de Lausanne. Contribution a l'étude physiologique du chlorhydrate d'apomorphine. Thèse inaugurale présentée à Zurich. — Lausanne, imprimerie Vincent, 1875.

M. le docteur David vient de publier in-extenso, dans sa thèse inaugurale, les expériences encore inédites, et complétées depuis lors, dont j'ai rendu compte dans une note (*Arch.* t. L, août 1875). Ces expériences ont été faites sous ma direction dans le laboratoire de physiologie de Genève,

pendant que M. David était interne à l'hôpital cantonal ; elles ont été résumées dans une note à l'Académie des sciences (août 1874).

M. David donne dans ce mémoire un résumé succinct de la bibliographie de l'apomorphine, qui commence à être assez étendue. Il publie de nombreuses expériences faites par lui sur des chiens, des chats, des lapins, des cochons d'Inde, des pigeons, qui lui ont permis d'étudier les effets physiologiques de ce médicament. Il résume, en outre, les observations cliniques publiées par les divers auteurs et cherche à démontrer que l'apomorphine n'est point toujours un médicament innocent, à cause du collapsus qu'il produit dans certains cas chez l'homme.

Je ne puis mieux faire que de reproduire le résumé et les conclusions que M. David donne en terminant sa thèse, renvoyant pour les détails à l'ouvrage original :

« 1° Le chlorhydrate d'apomorphine est un vomitif simple relativement aux autres vomitifs.

« Ses actions secondaires sont presque nulles. Il est applicable par la voie hypodermique et agit dans un temps relativement court.

« 2° Il ne doit être administré qu'avec prudence, à cause de la tendance particulière à la syncope et au collapsus qu'il occasionne chez certains sujets.

« 3° Son action est directe sur le centre du vomissement, et non, comme on l'a dit, réflexe, lors de son élimination par les glandes de l'estomac.

« 4° Lorsque la préparation employée est de bonne qualité, la dose de 4 milligrammes est suffisante pour l'homme.

« 5° Si la préparation est de bonne qualité, sa solution dans l'eau ne subit pas d'autre altération qu'une coloration en vert ; elle doit rester active pendant un an au moins.

« 6° La morphine, déjà à la dose de 3 centigrammes chez les chiens de taille moyenne, empêche l'action du chlorhydrate d'apomorphine de se produire.

« 7° Chez le chien, le chloroforme donné à dose résolu-

tive, retarde jusqu'à la période de réveil l'action de l'apomorphine : les vomissements sont alors produits par les mêmes doses que chez l'animal resté intact.

« 8° L'anesthésie produite par le chloral injecté dans les veines suspend l'action du chlorhydrate d'apomorphine.

« 9° Il serait inutile, même dangereux à cause de la perte de temps qui en résulterait, d'administrer le chlorhydrate d'apomorphine en cas d'empoisonnement par la morphine, le chloroforme ou le chloral, lorsque l'empoisonnement serait assez grave pour produire l'anesthésie et la résolution musculaire.

« 10° Le décubitus dorsal n'empêche pas d'une manière absolue le vomissement de se produire chez le chien, comme l'ont prétendu certains auteurs.

« 11° La section des nerfs vagues, pratiquée chez le chien avec ou sans le secours du chloroforme, ne modifie en rien l'action de l'apomorphine. La paralysie de ces nerfs, produite par l'atropine, paraît au contraire diminuer son action.

« 12° L'état asphyxique presque complet et prolongé, produit par l'obstruction de la trachée, n'a aucune influence sur l'action de l'apomorphine. L'inhalation de l'oxygène n'a pas modifié les phénomènes.

« 13° Le chlorhydrate d'apomorphine n'exerce chez le chien aucune influence sur la sécrétion de la bile. Il est en cela semblable à l'ipeca et au tartre stibié.

« 14° Le chlorhydrate d'apomorphine exerce sur certains animaux une action excitatrice qui lui est propre. Cette action est centrale. Les animaux qui y sont sujets ne possèdent pas la faculté de vomir (lapin, cochon d'Inde, rat, etc.) ou offrent une résistance particulière à l'action vomitive du chlorhydrate d'apomorphine (chats). »

Dr. P.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUILLET 1875.

Le 1er, rosée le matin ; à 1 $^3/_4$h après midi, tonnerres au sud-est. Le soir, à 6 $^1/_4$h, orage accompagné d'éclairs et tonnerres venant de la direction sud-ouest, violente averse pendant un quart d'heure.

2, éclairs et tonnerres de 5 $^1/_4$h à 7 $^1/_2$h du soir. L'orage passe du sud au N.-E. et passe au-dessus de l'Observatoire vers 6 heures.

6 et 7, forte rosée le matin, éclairs à l'ouest toute la soirée.

7, depuis 11 $^1/_2$h du soir, les éclairs et tonnerres se succèdent presque sans interruption. A minuit et un quart, dans la nuit du 7 au 8, a eu lieu une chute de grêle qui a duré un quart d'heure et qui a produit des ravages très-considérables dans la ville et les environs ; l'abondance de cette chute était telle que le sol était entièrement recouvert, non-seulement au moment même, mais encore le lendemain matin, et même, dans quelques endroits, où les grêlons avaient été accumulés, près de 48 heures après, ils n'étaient pas entièrement fondus, malgré la température élevée et une pluie presque continuelle. Le volume des grêlons atteignait des proportions qui se présentent bien rarement dans nos latitudes, et le vent violent d'ouest par lequel ils étaient chassés les transformait en véritables projectiles, brisant tout sur leur passage. A côté de quelques grêlons d'un volume moindre, ceux de la grosseur d'une noix, d'un œuf de pigeon et même d'un œuf de poule n'étaient pas rares, et le lendemain matin, plusieurs heures après la chute, on pouvait en ramasser un grand nombre mesurant encore plusieurs centimètres dans tous les sens, et jusqu'à 6 centimètres dans la plus grande dimension. Quant à la forme, les uns étaient irréguliers, d'autres étaient ovoïdes, mais le plus grand nombre présentaient la forme d'un disque ar-

rondi, ou ovale, et terminé par deux surfaces, l'une à peu près plane, l'autre bombée, comme le serait une lentille plan-convexe. Un de ces grêlons, présentant la forme d'un disque ovale, avait les dimensions suivantes mesurées au moment même : grand axe, 7 centimètres ; petit axe, 5 centimètres ; épaisseur, 3 centimètres. Il en a été recueilli de dimensions plus considérables encore, atteignant jusque près d'un décimètre dans leur plus grande longueur. Le noyau des grêlons était ordinairement opaque, entouré de couches de glace alternativement transparente et semi-transparente ; dans quelques cas, des stries, partant du noyau, rayonnaient vers la surface. Pendant la chute de la grêle, les éclairs se succédaient sans interruption ; il y en avait plusieurs par seconde, en sorte que le ciel était littéralement embrasé, sans que l'on pût distinguer le roulement continu du tonnerre du bruit causé par l'ouragan et la chute des grêlons.

Le 8, de midi à 6h du soir, éclairs et tonnerres presque sans interruption, avec de violentes averses par intervalles.

11 et 13, forte rosée le matin.

14 et 15, rosée le matin.

21, rosée le matin.

22, pendant tout le jour, succession d'orages accompagnés d'éclairs et tonnerres et de fortes averses, traversant la vallée du sud au nord ; le premier éclate à 7 3/4h du matin, le second à 9 1/4h, le troisième à 3 3/4h, enfin le dernier à 8 1/4h du soir.

24, forte rosée le matin ; rosée moins forte tous les jours suivants jusqu'au 31.

29, de 1 3/4h à 2 1/2h, éclairs et tonnerres à l'ouest ; puis l'orage passe au sud.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 6 à midi	731,27	Le 2 à 4 h. après midi	722,38
13 à 8 h. matin	732,34	10 à 6 h. matin	722,66
20 à 10 h. soir	727,45	17 à 2 h. après midi	719,55
27 à 8 h. matin	733,18	23 à 6 h. matin	721,16
		31 à 4 h. après midi	725,02

GENÈVE. — JUILLET 1875.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm
1	723,95	— 3,47	+20,09	+ 1,92	+12,5	+26,9	11,68	+1,25	668	— 19	480	850	3,8	1	N. 1	0,52	19,2	+ 2,8	190,5
2	724,24	— 3,21	+19,43	+ 1,20	+14,7	+27,4	11,21	+0,75	709	+ 23	410	980	9,4	3	variable	0,66	18,9	+ 2,4	193,3
3	724,88	— 2,60	+17,33	— 0,95	+14,7	+23,0	11,38	+0,89	793	+108	520	930	21,4	8	variable	0,86	19,7	+ 3,1	198,5
4	728,58	+ 1,07	+15,38	— 2,95	+13,0	+20,0	10,93	+0,41	856	+172	590	980	15,3	9	SO. 1	0,83	—	—	202,0
5	729,75	+ 2,21	+16,56	— 1,82	+11,6	+21,0	11,18	+0,64	795	+112	660	890	...	...	SSO. 1	0,77	14,2	— 2,5	206,2
6	730,91	+ 3,34	+19,80	+ 1,37	+13,9	+24,9	12,00	+1,44	709	+ 26	430	910	...	...	N. 1	0,16	17,3	+ 0,5	211,3
7	728,92	+ 1,32	+22,45	+ 3,97	+15,9	+29,8	14,32	+3,74	711	+ 29	490	870	...	...	N. 1	0,19	18,3	+ 1,4	210,1
8	725,54	— 2,09	+18,36	— 0,16	+13,9	+25,6	13,37	+2,77	847	+165	650	930	38,3	10	SE. 1	0,83	15,7	— 1,3	211,4
9	725,41	— 2,25	+16,12	— 2,44	+14,0	+20,5	10,33	—0,29	777	+ 96	580	860	7,3	2	SSO. 1	0,92	15,5	— 1,6	212,2
10	726,13	— 1,56	+17,06	— 1,54	+13,5	+21,0	8,12	—2,51	589	— 92	410	750	3,9	3	SO. 2	0,37	10,1	— 7,0	219,5
11	726,35	— 1,36	+16,32	— 2,32	+ 9,8	+23,2	9,78	—0,86	776	+ 95	420	990	13,8	10	SSO. 1	0,82	—	—	220,0
12	731,28	+ 3,55	+15,51	— 3,16	+12,6	+20,2	6,95	—3,70	560	—120	400	730	...	...	SSO. 2	0,33	7,5	— 9,8	223,5
13	731,24	+ 3,49	+14,86	— 3,84	+ 7,9	+20,3	7,79	—2,87	628	— 52	420	800	...	...	N. 1	0,22	14,6	— 2,8	225,7
14	727,94	+ 0,17	+16,72	— 2,00	+ 9,5	+23,9	8,33	—2,34	606	— 74	320	820	...	..	variable	0,56	14,3	— 3,2	224,8
15	723,58	— 4,21	+14,43	— 4,31	+11,2	+17,5	11,61	+0,93	938	+259	740	960	11,3	8	SO. 1	1,00	14,7	— 2,8	223,9
16	720,74	— 7,07	+14,91	— 3,85	+13,0	+17,7	10,40	—0,29	837	+158	660	950	11,2	11	N. 1	0,84	15,2	— 2,4	224,3
17	719,92	— 7,91	+15,49	— 3,29	+13,5	+19,7	10,41	—0,29	810	+131	600	920	1,1	1	variable	0,94	16,3	— 1,4	222,2
18	721,84	— 6,01	+15,66	— 3,13	+14,1	+17,9	11,56	+0,85	881	+202	760	930	2,3	4	variable	0,99	—	—	223,0
19	723,43	— 4,44	+17,76	— 1,03	+12,9	+23,6	10,51	—0,21	716	+ 38	440	920	1,1	2	N. 1	0,50	17,4	— 0,4	223,7
20	726,49	— 1,40	+19,38	+ 0,58	+14,5	+25,0	11,12	+0,39	685	+ 7	450	910	...	...	N. 1	0,51	17,7	— 0,2	223,0
21	725,51	— 2,40	+17,85	— 0,95	+13,8	+21,9	10,57	—0,17	708	+ 30	510	890	...	...	NNO. 1	0,50	18,7	+ 0,8	222,2
22	722,93	— 5,00	+16,31	— 2,50	+12,8	+22,8	10,73	—0,01	800	+121	520	970	17,9	3	SO. 1	0,80	19,4	+ 1,4	220,7
23	722,30	— 5,65	+14,09	— 4,72	+12,6	+19,5	10,12	—0,62	875	+196	520	970	16,5	12	SSO. 1	0,78	18,5	+ 0,5	221,4
24	725,09	— 2,88	+17,03	— 1,77	+ 9,3	+23,7	9,11	—1,63	648	— 31	390	910	...	...	variable	0,09	17,9	— 0,2	222,7
25	727,38	— 0,61	+14,17	— 4,62	+12,1	+16,2	11,08	+0,33	927	+247	750	1000	5,4	8	variable	0,99	—	—	222,0
26	732,22	+ 4,21	+17,77	— 1,01	+13,1	+21,9	10,86	+0,11	730	+ 50	510	980	...	...	NNE. 1	0,28	18,5	+ 0,3	221,2
27	732,49	+ 4,46	+17,76	— 1,01	+12,0	+22,7	11,49	+0,74	761	+ 81	550	890	...	...	N. 1	0,21	19,5	+ 1,3	218,9
28	730,85	+ 2,81	+19,94	+ 1,19	+14,5	+27,2	11,59	+0 84	681	0	410	920	...	...	variable	0,34	19,6	+ 1,3	217,4
29	731,14	+ 3,09	+19,38	+ 0,65	+14,2	+24,3	12,04	+1,29	727	+ 46	560	870	...	...	N. 1	0,21	19,7	+ 1,4	215,6
30	730.28	+ 2,22	+19,49	+ 0,79	+13,4	+24,8	9,88	—0,87	607	— 75	370	900	...	...	N. 1	0,21	20,6	+ 2,2	214,6
31	726,40	— 1,67	+19,80	+ 1,13	+13,8	+27,0	11,19	+0,44	670	— 12	430	860	...	...	N. 1	0,43	21,3	+ 2,9	214,2

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1875.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726,82	727,10	727,03	726,84	726,52	726,28	726,62	726,87	727,41
2e »	725,40	725,46	725,37	725,19	725,04	724,95	724,94	725,15	725,53
3e »	728,05	728,17	728,17	727,87	727,52	727,29	727,42	727,66	728,09
Mois	726,80	726,95	726,90	726,68	726,40	726,21	726,36	726,30	727,05
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+16,07	+17,86	+19,80	+21,33	+22,21	+21,71	+20,72	+17,82	+16,86
2e »	+13,15	+16,00	+17,55	+18,78	+18,47	+18,96	+18,30	+17,00	+15,49
3e »	+13,85	+16,73	+17,97	+20,24	+21,36	+22,19	+20,86	+18,75	+16,69
Mois	+14,34	+16,86	+18,43	+20,12	+20,70	+21,00	+19,99	+17,88	+16,36
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	11,36	11,80	11,42	11,49	11,67	11,44	11,36	11,52	11,48
2e »	9,85	10,00	9,78	9,33	9,65	10,01	9,34	10,29	10,83
3e »	10,74	11,19	11,03	10,45	10,39	10,03	10,99	11,43	11,33
Mois	10,65	11,10	10,75	10,43	10,56	10,48	10,58	11,09	11,22
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	838	775	670	611	593	596	635	765	803
2e »	867	737	658	588	622	635	620	718	826
3e »	908	796	732	598	555	511	613	716	804
Mois	872	770	688	599	589	578	622	733	811

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1re décade	+13,77	+24,01	0,61	+16,54	99,4	205,5
2e »	+11,90	+20,90	0,67	+14,71	40,8	223,4
3e »	+12,87	+22,91	0,44	+19,37	39,8	219,2
Mois	+12,85	+22,62	0,57	+17,05	180,0	216,1

Dans ce mois, l'air a été calme 3,6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,85 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 68°,75 O., et son intensité est égale à 23,36 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUILLET 1875.

Le 1, brouillard presque tout le jour, pluie le soir.
2, idem.
3 et 4, pluie et brouillard presque tout le jour.
5, brouillard tout le jour.
6 et 7, ciel clair.
8 et 9, pluie et brouillard presque tout le jour ; le 8, dans l'après-midi, à 1 heure et à 4 heures, orage avec de fréquents coups de tonnerre, du côté du nord.
10, brouillard le matin, avec quelques flocons de neige ; clair l'après-midi et le soir.
11, clair le matin, pluie et brouillard le soir.
12, clair le matin, brouillard depuis 11h matin.
14, brouillard le soir.
15 et 16, pluie et brouillard tout le jour.
17, neige dans la nuit du 16 au 17 et le 17 au matin ; pluie et brouillard le reste du jour.
18, pluie et brouillard tout le jour.
20, clair le matin, brouillard le soir.
21, brouillard le matin et le soir.
22, pluie et brouillard par intervalles.
23, pluie et brouillard tout le jour.
24, clair.
25, pluie et brouillard presque tout le jour.
26, brouillard le matin jusqu'à 10h ; clair ensuite.
27, clair tout le jour.
28, pluie le soir.
29, brouillard le matin et le soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 6 à 8 h. soir	573,22	Le 3 à 6 h. matin	565,42
13 à 10 h. soir	568,99	9 à 6 h. matin	563,40
20 à 10 h. soir	567,91	17 à 10 h. matin	560,09
27 à 10 h. soir	572,86	23 à 10 h. matin	561,03
		31 à 6 h. soir	567,18

SAINT-BERNARD. — JUILLET 1875.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim			
1	567,62	— 0,25	567,09	567,93	+ 7,65	+ 2,25	+ 6,0	+10,2	.....	6,8.	....	SO. 1	0,92
2	566,24	— 1,69	565,69	566,81	+ 6,77	+ 1,31	+ 4,8	+10,0	.....	10,2.	....	NE. 1	0,89
3	565,68	— 2,30	565,42	565,88	+ 5,48	— 0,04	+ 3,3	+ 9,8	.....	6,4.	....	SO. 1	0,94
4	567,75	— 0,28	566,18	569,35	+ 3,79	— 1,79	+ 1,8	+ 5,5	.....	35,0.	....	variable	0,97
5	570,27	+ 2,19	569,62	571,03	+ 5,18	— 0,46	+ 4,4	+ 6,8	.....	.....	....	SO. 1	0,92
6	572,40	+ 4,27	570,96	573,22	+11,52	+ 5,82	+ 5,2	+15,5	.....	.....	....	SO. 1	0,12
7	572,38	+ 4,20	572,02	572,60	+13,42	+ 7,67	+10,0	+16,0	.....	.....	....	SO. 1	0,09
8	568,14	— 0,09	566,66	570,70	+ 8,20	+ 2,40	+ 4,0	+13,8	.....	12,4.	....	SO. 1	0,90
9	564,33	— 3,94	563,40	564,94	+ 2,00	— 3,85	+ 2,2	+ 3,0	....	28,0.	....	NE. 2	0,98
10	565,47	— 2,84	563,41	567,21	+ 3,99	— 1,91	+ 2,4	+ 6,3	.....	.....	....	NE. 1	0,43
11	567,44	— 0,91	566,90	567,81	+ 6,85	+ 0,90	+ 4,8	+10,0	.....	14,6.	....	SO. 1	0,69
12	567,88	— 0,51	566,30	568,83	+ 2,20	— 3,79	— 1,4	+ 6,0	.....	.....	....	NE. 2	0,82
13	568,54	+ 0,11	568,27	568,99	+ 2,22	— 3,81	— 2,4	+ 5,5	.....	.....	....	NE. 1	0 27
14	567,88	— 0,59	567,52	568,42	+ 6,55	+ 0,48	+ 2,8	+10,5	.....	.....	....	SO. 1	0,54
15	564,82	— 3,69	564,07	566,25	+ 3,75	— 2,36	+ 3,2	+ 5,5	.....	20,0	....	SO. 1	1,00
16	561,41	— 7,14	561,28	561,55	+ 2,05	— 4,09	+ 1,5	+ 4,0	.....	42,2.	....	SO. 1	0,99
17	560,69	— 7,89	560,09	561,30	+ 1,89	— 4,28	+ 0,4	+ 3,8	...90	14,4.	....	NE. 1	0,96
18	562,40	— 6,21	561,39	564,06	+ 1,66	— 4,54	+ 2,0	+ 2,5	.....	12,1.	....	NE. 1	1,00
19	565,40	— 3,24	563,72	566,58	+ 8,18	+ 1,95	+ 7,6	+10,0	.....	.....	....	NE. 1	0,22
20	567,37	— 1,30	566,85	567,91	+ 6,16	— 0,10	+ 4,8	+ 9,2	.....	.....	....	NE. 1	0,66
21	565,94	— 2,76	565,38	566,97	+ 5,44	— 0,85	+ 3,6	+ 7,9	.....	.....	....	NE. 1	0,80
22	563,67	— 5,06	563,42	564,28	+ 4,39	— 1,92	+ 3,9	+ 6,6	.....	8,1.	....	NE. 1	0,91
23	562,02	— 6,73	561,03	563,02	+ 2,11	— 4,22	+ 1,8	+ 3,2	.....	15,4.	....	NE. 1	0,99
24	565,28	— 3,49	563,87	566,53	+ 4,39	— 1,96	0,0	+ 7,0	.....	.....	....	NE. 1	0,17
25	567,29	— 1,50	566,67	568,48	+ 4,30	— 2,07	+ 3,0	+ 8,1	.....	13,1.	....	NE. 1	0,96
26	571,04	+ 2,23	569,55	572,12	+ 5,18	— 1,20	+ 3,0	+ 7,4	.....	.....	....	NE. 1	0,46
27	572,63	+ 3,80	572,38	572,86	+ 9,50	+ 3,11	+ 6,0	+14,0	.....	.....	....	NE. 1	0,07
28	572,04	+ 3,20	571,54	572,81	+ 8,52	+ 2,12	+ 5,4	+13,0	.....	12,6.	....	NE. 1	0,62
29	571,19	+ 2,34	570,70	572,20	+ 7,11	+ 0,70	+ 4,7	+10,0	.....	.....	....	NE. 2	0,71
30	570,73	+ 1,87	570,39	571,30	+ 7,47	+ 1,06	+ 5,5	+10,3	.....	.....	....	NE. 1	0,34
31	567,84	— 1,03	567,18	568,36	+ 7,61	+ 1,20	+ 5,5	+11,9	.....	.....	....	NE. 1	0,56

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1875.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	567,69	567,72	567,89	568,04	568,08	568,09	568,13	568,24	568,32
2e »	565,01	565,09	565,23	565,29	565,35	565,44	565,53	565,65	565,81
3e »	568,08	568,05	567,94	568 08	567,99	568,02	568,22	568,36	568,57
Mois	566,97	566,99	567,05	567,17	567,17	567,21	567,32	567,45	567,60
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 5,35	+ 6,96	+ 7,99	+ 8,91	+ 8,82	+ 7,98	+ 7,37	+ 6,33	+ 6,18
2e »	+ 3,62	+ 4,67	+ 5,22	+ 5,84	+ 5,92	+ 5,06	+ 4,41	+ 3,75	+ 3,54
3e »	+ 4,33	+ 6,24	+ 7,75	+ 8,46	+ 8,15	+ 7,14	+ 6,03	+ 5,22	+ 5,39
Mois	+ 4,43	+ 5,96	+ 7,01	+ 7,76	+ 7,65	+ 6,74	+ 5,94	+ 5,10	+ 5,05

	Min. observé.*	Max. observé *	Clarté moyenne du ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade	+ 4,41	+ 9,69	0,72	98,8	—
2e »	+ 2,33	+ 6,70	0,71	103,3	90
3e »	+ 3,85	+ 9,04	0,60	49,2	—
Mois	+ 3,54	+ 8,49	0,67	251,3	90

Dans ce mois, l'air a été calme 0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,99 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 35,48 sur 100.

* Voir la note du tableau

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME LIII (NOUVELLE PÉRIODE)

1875. — Nos 209 à 212.

Pages

Les anesthésiques, par M. le Dr *J.-L. Prevost* . . . 5

Réponse à M. Marc Micheli pour la partie qui concerne le mouvement végétal dans son article sur les Progrès de la botanique en 1874, par M. *E. Heckel* 44

Sur le spectre normal du Soleil, partie ultra-violette, par M. *A. Cornu* 50

Sur les avantages obtenus par des plantations d'arbres dans l'île de l'Ascension et au cap de Bonne-Espérance 69

Des forces physico-chimiques et de leur interprétation dans la production des phénomènes naturels, par M. *Becquerel*. 93

Note sur l'origine première des produits sexuels, par M. *Hermann Fol*. 104

Sur la viscosité des dissolutions salines, par M. *Adolphe Sprung*. 112

Les vertébrés fossiles des mauvaises terres du Nebraska, etc., par M. *Delafontaine*. 169

Pages

Sur la diffusion hygrométrique, par M. *L. Dufour*. 177

Du développement des espèces sociales, par M. *Carl Nägeli* 211

Sur la méthode des sommes de température appliquée aux phénomènes de végétation, par M. *Alph. de Candolle*. 257

Deuxième étude sur les seiches du lac Léman, par M. le Dr *F.-A. Forel* 281

Formes du Phylloxera vastatrix à Pregny durant la première moitié de l'été, par M. le Dr *V. Fatio*. . 319

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

E. Liais. Sur les prochaines oppositions de Mars, pour la détermination de la parallaxe solaire, et l'accord remarquable de la parallaxe déjà obtenue par l'opposition de 1860, avec la nouvelle mesure de la vitesse de la lumière par M. Cornu. 121

H.-C. Vogel. Spectres des comètes 127

A. Forster. Rapports sur les observations météorologiques faites à l'Observatoire de Berne, et mémoires y relatifs. 331

PHYSIQUE.

A. Cornu. Sur la diffraction, propriétés focales des réseaux. 76

A. Winkelmann. Sur la conductibilité calorifique des liquides. 81

L. Dufour. Observations siccimétriques à Lausanne, 10me année 129

Ch. Dufour. De l'altération des images par réflexion sur la surface des eaux 131

Pages

J. Chautard. Action des aimants sur les gaz raréfiés renfermés dans des tubes capillaires et illuminés par un courant induit. 137
Wm Crookes. Sur l'attraction et la répulsion produite par la radiation. 141
V. Dvorak. Vitesse du son dans des tuyaux pleins d'eau. 147
Alfred Mayer. Recherches d'acoustique. 338

CHIMIE.

Lecoq de Boisbaudran. De l'inégalité d'action des divers isomorphes sur une même solution sursaturée. 149
W. Roberts. Sur la liquéfaction, la fusibilité et la densité de certains alliages d'argent et de cuivre. 237
L. Pebal. Recherches sur l'acide hypochlorique et sur l'Euchlorine. 239
L.-F. Nilson. Sur l'atomicité des métaux rares des terres. 241

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Mémoires de la Société paléontologique suisse. 82
Félix Plateau. Recherches sur les phénomènes de la digestion chez les insectes. 155
Dr *Vincent Chirone.* Mécanisme d'action de la quinine sur la circulation 243
Binz. La quinine 243
P. Bert. Influence de l'air comprimé sur la fermentation. 246
A. Vulpian. Leçons sur l'appareil vaso-moteur. 343
D^r *Ch. David.* Contribution à l'étude physiologique du chlorhydrate d'apomorphine 346

BOTANIQUE.

Dr *Masters.* Analogie dévoilée par deux monstruosités. 83
Grisebach. La végétation du globe d'après sa disposition suivant les climats. 159
Gaëtano Cantoni. Du rôle des cultures améliorantes. . . . 160
Thèses de botanique à la Faculté de pharmacie de Paris 247

New York Botanical Garden Library
3 5185 00274 3126